

**EVALUACIÓN QUÍMICA DE TRES ESPECIES CON POTENCIAL FORRAJERO
DEL TRÓPICO ALTO Y MEDIO.**

LUZ STELLA PUERTO MORALES
Código 39707440

Presentado Como Requisito Parcial
Para Optar al Grado de
Especialista en Nutrición Animal Sostenible.

Director
JAIRO ENRIQUE GRANADOS MORENO
Profesor Investigador

ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA “UNAD”
Mayo de 2012.

**EVALUACIÓN QUÍMICA DE TRES ESPECIES CON POTENCIAL FORRAJERO
DEL TRÓPICO ALTO Y MEDIO.**

LUZ STELLA PUERTO MORALES

TRABAJO DE GRADO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE

ZOOTECNIA.

BOGOTÁ D.C., Mayo de 2012.

TABLA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DE JURADOS

BOGOTÁ, D.C.

Mayo de 2012.

Un país, una civilización se puede juzgar por la forma en que trata a sus animales.

Mahatma Gandhi(1869-1948) *Político y pensador indio*

**Es increíble que la naturaleza pida a gritos ayuda,
pero más increíble es que muy pocos la escuchen.**

Anónimo.

DEDICATORIA:

A mi hija Julieth por ser fuente de amor,
inspiración, dedicación y esfuerzo.

A mis padres, hermanas, profesores, amigos, y a todas aquellas personas
Que me colaboraron de alguna forma en la realización del presente trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	16
OBJETIVO GENERAL.....	16
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
1. REVISIÓN LITERATURA.....	17
1.1 Condición edáfica.....	20
1.1.1 El suelo.....	20
1.1.2 Características químicas del suelo.....	21
1.1.2.1 Materia orgánica.....	22
1.1.2.2 pH.....	22
1.1.2.3 Capacidad de intercambio Catiónico (CIC).....	23
1.1.2.4 Carbón orgánico (CO).....	23
1.1.2.5 Conductividad Eléctrica (CE).....	24
1.1.2.6 Acidez intercambiable (Ai).....	24
1.1.3 Aptitud uso de los suelos Colombianos.....	24
1.1.4 Comentarios autor.....	25
1.2 Valor nutritivo de los forrajes.....	25
1.2.1 Carbohidratos.....	25
1.2.2 Fraccionamiento de Proteínas.....	27
1.3 Factores Antinutricionales (FAN).....	29
1.3.1 Taninos.....	30
1.3.2 Alcaloides.....	32
1.3.3 Saponinas.....	33
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35

2.1 Especies de la Investigación.....	35
2.1.1 Lugar de muestreo.....	35
2.2 Especies muestreadas.....	36
2.2.1 Lotus (<i>Lotus uliginosus</i>).....	37
2.2.2 Botón de Oro (<i>Tithonia diversifolia</i>).....	38
2.2.3 Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>).....	39
2.3 Muestreo Experimental.....	40
2.4 Evaluación realizada.....	41
2.4.1 Análisis físicoquímico del suelo.....	41
2.4.2 Análisis químico de especies evaluadas.....	42
2.4.3 Análisis fraccional forraje.....	44
2.4.4 Análisis de factores antinutricionales.....	46
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	47
3.1. Resultados análisis fisicoquímico de suelos.....	48
3.1.1 pH Suelo (pH).	49
3.1.2 Humedad Suelo (H ₂ O).	49
3.1.3 Carbón Orgánico Suelo (CO).....	50
3.1.4 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).	51
3.1.5 Acidez intercambiable Suelo (Ai).....	52
3.1.6 Conductividad Eléctrica Suelo (CE).....	53
3.1.7 Nitrógeno Total Suelo (NT).....	54
3.2. Resultados obtenidos análisis de forraje	55
3.2.1 Análisis Químico Proximal.....	56
3.2.1.1 pH.....	56
3.2.1.2 Proteína Cruda (PC).....	57
3.2.2. Análisis Químico de Van Soest.....	58
3.2.2.1 Nitrógeno No Proteico (NNP).....	58
3.2.2.2 Nitrógeno soluble (NS).....	59
3.2.2.3 Proteína soluble (PS).....	60
3.3 Fraccionamiento de proteína.....	61
3.4 Fraccionamiento de carbohidratos.....	62

3.4.1 Fibra Detergente Neutra (FDN).....	63
3.4.2 Fibra Detergente Acida (FDA).....	64
3.4.3 Hemicelulosa (HC).....	65
3.4.4 Carbohidratos No Estructurales (CNE).....	66
3.5. Variables Fitometabolitos, Tamizaje Quimico.....	67
3.5.1 Polifenoles Totales (PFT).	68
3.5.2 Taninos Hidrolizables (THS).	68
3.5.3 Taninos que Precipitan Proteína (TPP).	69
3.5.4 Taninos Condensados (TC).	70
3.5.5 Alcaloides (ALC).....	72
3.6 Resultados Correlación Especies Estudiadas.....	73
3.6.1 Resultados correlación <i>Lotus uliginosus</i>	73
3.6.2 Resultados correlación suelo vs <i>Lotus Tithonia diversifolia</i>	76
3.6.3 Resultados correlación suelo vs <i>Gliricidia sepium</i>	79
CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES.....	85
BIBLIOGRAFIA.....	87
ANEXOS.....	94

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Distribución muestreo experimental.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis fisicoquímico de suelo.....	41
Tabla 2. Análisis fisicoquímico del forraje.....	43
Tabla 3. Análisis químico fraccional en fibra y proteína del forraje.....	44
Tabla 4. Análisis químico antinutricional de especies evaluadas.....	46
Tabla 5. Resultados Análisis Químico del suelo.....	48
Tabla 6. Resultados Análisis Químico del forraje.....	56
Tabla 7. Valores Análisis de Fraccionamiento de Proteína.....	61
Tabla 8. Grupos de metabolitos secundarios presentes en las especies.....	67
Tabla 9. Correlación Lotus uliginosus suelo vs Fisicoquímico.....	73
Tabla 10. Correlación Lotus uliginosus suelo vs Van Soest.....	74
Tabla 11. Correlación Lotus uliginosus suelo vs Factores antinutricionales..	75
Tabla 12. Correlación Tithonia diversifolia suelo vs Fisicoquímico.....	77
Tabla 13. Correlación Tithonia diversifolia suelo vs Van Soest.....	77
Tabla 14. Correlación Tithonia diversifolia suelo vs FAN.....	78
Tabla 15. Correlación Gliricidia sepium suelo vs Fisicoquímico.....	79
Tabla 16. Correlación Gliricidia sepium suelo vs Van Soest.....	80
Tabla 17. Correlación Gliricidia sepium suelo vs Factores antinutricionales..	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Análisis de suelos.....	21
Figura 2. Análisis y características de las fracciones de carbohidratos.....	26
Figura 3. Análisis y características de las fracciones proteicas.....	27
Figura 4. Sistema CNCPS.....	28
Figura 5. Factores antinutricionales (FAN).....	29
Figura 6. Estructura química Taninos hidrolizables.....	31
Figura 7. Estructura química Taninos condensados o proantocianidinas.....	32
Figura 8. Ubicación geográfica recolección de muestras.....	36
Figura 9. <i>Lotus uliginosus</i>	37
Figura 10. Botón de Oro (<i>Tithonia diversifolia</i>).....	38
Figura 11. Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>).....	39
Figura 12. Análisis fisicoquímico del suelo.....	42
Figura 13. Análisis químico de especies evaluadas.....	43
Figura 14. Análisis fraccional de especies evaluadas.....	44
Figura 15. Análisis químico antinutricional de especies evaluadas.....	46
Figura 16. Resultados correlación suelo vs <i>Lotus uliginosus</i>	73
Figura 17. Resultados correlación suelo vs <i>Tithonia diversifolia</i>	76
Figura 18. Resultados correlación suelo vs <i>Gliricidia sepium</i>	78

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Promedio pH suelo.....	49
Gráfica 2. Promedio Humedad suelo.....	50
Gráfica 3. Promedio Carbón orgánico suelo.....	51
Gráfica 4. Promedio Capacidad de Intercambio Catiónico suelo	52
Gráfica 5. Promedio Acidez Intercambiable suelo.....	53
Gráfica 6. Promedio Conductividad Eléctrica suelo	54
Gráfica 7. Promedio Nitrógeno Total suelo.....	55
Gráfica 8. Promedio pH forraje.....	57
Gráfica 9. Promedio Pretína Cruda forraje	58
Gráfica 10. Promedio Nitrógeno No Proteico forraje	59
Gráfica 11. Promedio Nitrógeno Soluble forraje.....	60
Gráfica 12. Promedio Proteína Soluble forraje.....	61
Gráfica 13. Fraccionamiento de Proteínas forraje.....	62
Gráfica 14. Promedio FDN forraje.....	63
Gráfica 15. Promedio FDA forraje.....	64
Gráfica 16. Promedio HC forraje.....	65
Gráfica 17. Promedio CNE forraje.....	66
Gráfica 18. Promedio PFT forraje.....	68
Gráfica 19. Promedio THS forraje.....	69
Gráfica 20. Promedio TPP forraje.....	70
Gráfica 21. Promedio TC forraje.....	71
Gráfica 22. Promedio Alcaloides forraje.....	72

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Bibliografía consultada para cada una de las especies.....	94
Anexo 2. Comparativo de las variables evaluadas.....	101
Anexo 3. Procedimientos efectuados para determinar FDN.....	102
Anexo 4. Procedimientos efectuados para determinar NNP.....	103
Anexo 5. Procedimientos efectuados para determinar CNE.....	104
Anexo 6. Procedimientos efectuados para determinar TC.....	105
Anexo 7. Procedimientos efectuados para determinar Alcaloides.....	106
Anexo 8. Procedimientos efectuados para determinar TPP.....	107
Anexo 9. Interpretación análisis suelo.....	108

INTRODUCCIÓN

Colombia se encuentra ubicada en la zona tropical de la tierra, es un país privilegiado por su biodiversidad, en especial de plantas leguminosas como árboles y arbustos, las cuales juegan un papel importante en la agricultura, y fertilidad de los suelos. Su habilidad para fijar nitrógeno del aire, alto contenido de proteína, minerales, resistencia y fácil adaptación, hacen del país colombiano un verdadero potencial de producción de biomasa para la alimentación animal.

Debido al gran crecimiento de población que ha tenido Colombia, según estadísticas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el censo de 2005 fue superior a 42 millones, y según proyección a 2020 será mayor a 50 millones de habitantes, aumentando así mismo el consumo de carne y leche; ocasionando la degradación de suelos, aumento de la deforestación, pérdida de la biodiversidad, que sumado a la contaminación y el cambio climático, afectan la productividad y sostenibilidad del sistema.

Afortunadamente y gracias a la ubicación geográfica de Colombia, los productores agropecuarios cuentan con energía solar disponible para producir y aprovechar especies arbóreas durante todo el año, lo que hace posible por ejemplo alimentar al ganado con forrajes bajo pastoreo, debido a que siempre están disponibles, cuentan con características nutricionales aceptables, son económicos, mejorando así la calidad de vida del hombre y de su entorno, pues la alimentación basada en forrajes es natural, lo cual beneficia la salud del hombre, disminuye los costos correspondientes a la alimentación animal que se consideran son del 50 y 80% de los costos de producción, además de permitir contribuir a mantener la biodiversidad de flora y fauna nativa de cada región.

Según lo planteado Colombia puede convertirse en uno de los primeros países en producción ganadera y de especies menores dirigidas a comercio nacional e

internacional con sello 100% ecológico, dándole un valor agregado al producto, mejorando los ingresos del productor al aprovechar de una manera eficiente los recursos naturales. Actualmente los gremios económicos pecuarios nacionales trabajan por ser productivos aun con las dificultades de inclemencias del tiempo, violencia, escasos recursos económicos y poca tecnología, pero con una gran fe, empeño y vocación por ser sector agropecuario.

Para que el sector agropecuario sea competitivo es necesaria la implementación urgente de acciones de conservación, apoyo al incremento y difusión del conocimiento sobre las ventajas de los forrajes para alimentación animal; con el fin de reducir su pérdida; ya que el productor considera maleza o simplemente no conoce sobre su aprovechamiento, además de la importancia de la relación suelo-pradera-árbol-animal y ambiente; también para explorar y desarrollar alternativas de uso sostenible de sus componentes, con la incorporación de leguminosas y arbustivas a las praderas, que aumentan la calidad y cantidad de oferta forrajera, el consumo voluntario, la conservación de la biodiversidad y la posibilidad de reducir el estrés calórico, buscando el confort animal.

El reto para el profesional del sector agropecuario, es generar conciencia y ayudar al productor agropecuario sobre el uso y aprovechamiento de los recursos alimenticios como son las asociaciones de gramíneas con leguminosas y arbustos favorables para la alimentación animal; buscando aumentar la productividad, y sostenibilidad del sistema, disminuir el impacto de la actividad ganadera sobre terrenos no aptos y proveer un mejor ambiente para la producción animal. Además de dar la importancia necesaria sobre el adecuado uso del agua, el manejo agrícola conservacionista del suelo favoreciendo la agregación y porosidad del mismo, afectando positivamente las propiedades físicas como la humedad aprovechable, químicas como aumento de la CIC y la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH) y propiedades biológicas como el aumento de organismos benéficos en el suelo; mitigando de esta manera los cambios climáticos (el niño y la niña) que en los últimos años han afectado gravemente el sector agropecuario colombiano.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar las características físico químicas del suelo, y relacionar los resultados hallados con los análisis fisicoquímicos, de fraccionamiento de Van Soest, y anti nutricionales de tres especies forrajeras de Lotus (*Lotus uliginosus*) en trópico alto, botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y matarratón (*Gliricidia sepium*) del trópico medio; con el fin de determinar relación positiva o negativa entre suelo-forraje de los análisis realizados en laboratorio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análisis de suelo de las zonas evaluadas con los análisis de pH, humedad, acidez intercambiable (Ai), conductividad eléctrica (CE), carbón orgánico (CO), nitrógeno total (NT) y capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- Realizar análisis de forraje mediante análisis bromatológico, y de fraccionamiento de Van Soest.
- Realizar análisis de factores antinutricionales al forraje como: taninos, saponinas, alcaloides y fenoles en las especies analizadas.
- Realizar correlación y determinar la relación suelo vs forraje.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

Se estima que en los próximos 25 años existirá la necesidad de doblar la producción de proteína animal derivada de los rumiantes a fin de asegurar el consumo de proteína de una población mundial creciente (Fahey, 1997, citado por Barahona, *et al.*, 2005). Colombia inicio desde 2004, negociaciones con todos los países del continente, y el pasado 15 de mayo entro en vigencia el TLC con USA, lo cual muestra que el sector agropecuario nacional debe ser muy competitivo para mantener la seguridad alimenticia local y competir a nivel internacional, pues se recibirá un volumen significativo de importaciones, que van a impactar al sector. (Foro Internacional de la leche, Fedegan, 2012).

Los animales obtienen su alimentación directamente de las plantas, siendo transformados en productos alimenticios y nutritivos para el hombre. Convirtiéndose así las especies forrajeras de gran importancia para su estudio, aprovechamiento y uso eficiente en la alimentación animal.

Colombia tiene una alta potencialidad para la producción de forraje, ya que debido a que hay la suficiente energía solar para que ocurra el proceso de fotosíntesis. Aunque se ve limitada por factores como el invierno, verano, sequias y déficit de nutrientes, siendo determinante para las plantas su estado vegetativo, rebrote y crecimiento.

El contenido de fibra (relacionado con la digestibilidad del alimento) y de proteína de una pastura definen su valor nutritivo. Las pasturas de alta calidad son aquellas que tienen bajos niveles de fibra y altos índices de proteína. La edad de corte y factores antinutricionales como los taninos pueden afectar los nutrientes para los rumiantes. Es por esta razón importante tener un conocimiento previo acerca de las pasturas como son: edad, clima, manejo, fertilización y composición botánica de la misma.

La calidad nutritiva, puede ser modificada por factores propios de la planta (estado de madurez), por factores ambientales (temperatura, radiación y disponibilidad de agua) o por factores de manejo (carga animal, etc). A medida que la planta madura, la concentración de las fracciones solubles propias del contenido celular tiende a declinar, mientras que los constituyentes de la pared celular se elevan. Cuando las plantas maduran disminuye la digestibilidad y el consumo, se reducen los carbohidratos fácilmente fermentables (contenido celular) y se incrementa los estructurales (celulosa, hemicelulosa) y la lignina.

Con base en los diferentes procesos metabólicos por los que las plantas fijan el carbono a partir de la atmósfera, las leguminosas tanto tropicales como templadas son C3. Debido a esta diferencia, las plantas C3 tienen una estructura adventicia más densa que conduce a un mayor valor nutritivo y tienen en general una diferencia en Total de Nutrientes Digestibles (TND) de alrededor de 15 unidades. (Van Soest, 1982). Las plantas C3 son aquellas que al inicio fijan el CO₂ en 3-PGA, a diferencia de las especies C4 que producen ácidos tetracarboxilados como productos primarios de la fijación inicial de CO₂. (Salisbury, *et al.*, 1996).

La familia de las leguminosas comprende uno de los grupos más extensos en cuanto a número de especies. Existen unas 18.000 especies de leguminosas, 50 de las cuales son interesantes desde el punto de vista dietético. De acuerdo con los datos de (Wittwer, 1980, citado por Muzquiz, M., 2006) sólo 24 cultivos son “esenciales” en la alimentación, ocupando las leguminosas el segundo lugar en producción, tras los cereales, con 8 especies producidas a nivel mundial. Por lo tanto, en el contexto de plantas dedicadas a la alimentación podemos decir que las leguminosas son unas de las más interesantes cualitativa y cuantitativamente.

Las leguminosas se consideran un alimento básico ya que proporcionan un buen aporte de nutrientes:

- a) Poseen un elevado contenido proteico, muy superior al de los cereales, aunque presentan grandes diferencias entre las diferentes especies y variedades (15-40%). El perfil de aminoácidos de la semilla ha sido ampliamente estudiado y se sabe que presentan un bajo contenido en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína), aunque son ricas en lisina, aminoácido del que son altamente deficientes los cereales.
- b) Son una importante fuente de glúcidos (25-60%), de los cuales la principal fracción corresponde al almidón (hasta un 60% del total de glúcidos), en segundo lugar se encuentran los oligosacáridos de la familia de la rafinosa (30-80%).
- c) Presentan un bajo nivel de grasa (1-7%), salvo en las oleaginosas que puede alcanzar hasta un 40% (cacahuete). Son ricas en ácidos grasos insaturados (55-57% del total de lípidos), siendo los principales los ácidos oleico, linoleico y linolénico.
- d) Suponen una importante fuente de fibra (2-13%), siendo la celulosa y la hemicelulosa los principales componentes.
- e) Tienen un adecuado contenido mineral: Ca, Fe, K, P, Zn, Cu. Su contenido en calcio es superior a los cereales.
- f) Presentan un contenido de vitaminas relativamente bajo, aunque en general se las considera una buena fuente de vitaminas del grupo B (B_1 , B_2 , ácido fólico y niacina) y vitamina E.

Las leguminosas también contienen compuestos conocidos como antinutrientes, que en general dificultan la asimilación por los organismos vivos de algunos de sus componentes más interesantes, y en algunos casos pueden llegar a ser tóxicos o causar efectos fisiológicos poco deseables, especialmente a los monogástricos que no pueden asimilar por carecer de la acción protectora que brinda la degradación bacteriana, aunque recientemente se ha visto que estos compuestos en pequeñas cantidades pueden ser también muy beneficiosos para la salud en la prevención de enfermedades como cáncer, enfermedades coronarias, etc., por lo que actualmente se les está denominando compuestos no-nutritivos o factores nutricionalmente

bioactivos ya que, si bien carecen de valor nutritivo, no siempre resultan perjudiciales.

Alguno de estos compuestos juegan un papel importante como defensa de la planta frente al ataque de todo tipo de depredadores y otros son compuestos de reserva que se acumulan en las semillas y van a ser utilizados a lo largo del proceso germinativo.

1.1. Condición edáfica: esta se define como las propiedades físico-químicas y biológicas del sustrato o suelo, las cuales influyen la biota asociada. El suelo es el sustrato de producción de alimentos de consumo animal y humano, siendo indispensable para el desarrollo de la agricultura y ganadería mundial. Es así como su conocimiento es fundamental para la utilización de la tierra, ya que las propiedades físicas, químicas y mineralógicas determinan su uso y la fertilidad en cuanto a la cantidad de nutrientes disponibles para la planta. Para su determinación se realiza análisis de suelos de caracterización físico-química especialmente como son: pH, AL, H, K, Mg, CIC real, S (soluble), Mo, P, Ca, Na, CE, elementos menores y textura. Las raíces de las plantas se desarrollan en el suelo como consecuencia del geotropismo y en él crean un ambiente único, donde se suceden continua e instantáneamente infinidad de reacciones químicas, físico-químicas y biológicas que determinan la dinámica de los procesos de absorción de agua y nutrimentos. (Bolaños, M., 1998).

Dentro del ecosistema edáfico las plantas son capaces de transformar minerales en proteínas, ácidos, grasas y azúcares sirviendo de utilidad para los animales y el hombre.

1.1.1 El suelo

Es la capa superficial de la tierra en la cual se desarrolla la mayor parte de la vida del planeta, donde sirve de anclaje a las plantas, constituye la principal fuente de nutrimentos, retiene y almacena el agua, regula el movimiento de esta y la difusión de los gases.

1.1.2 Características químicas del suelo. El análisis del suelo determina su uso y fertilidad, se realiza en laboratorio por medio de análisis fisicoquímico como son: pH, Ai, CE,CO,MO,NT,CIC, y otros análisis de interés. (Figura 1)

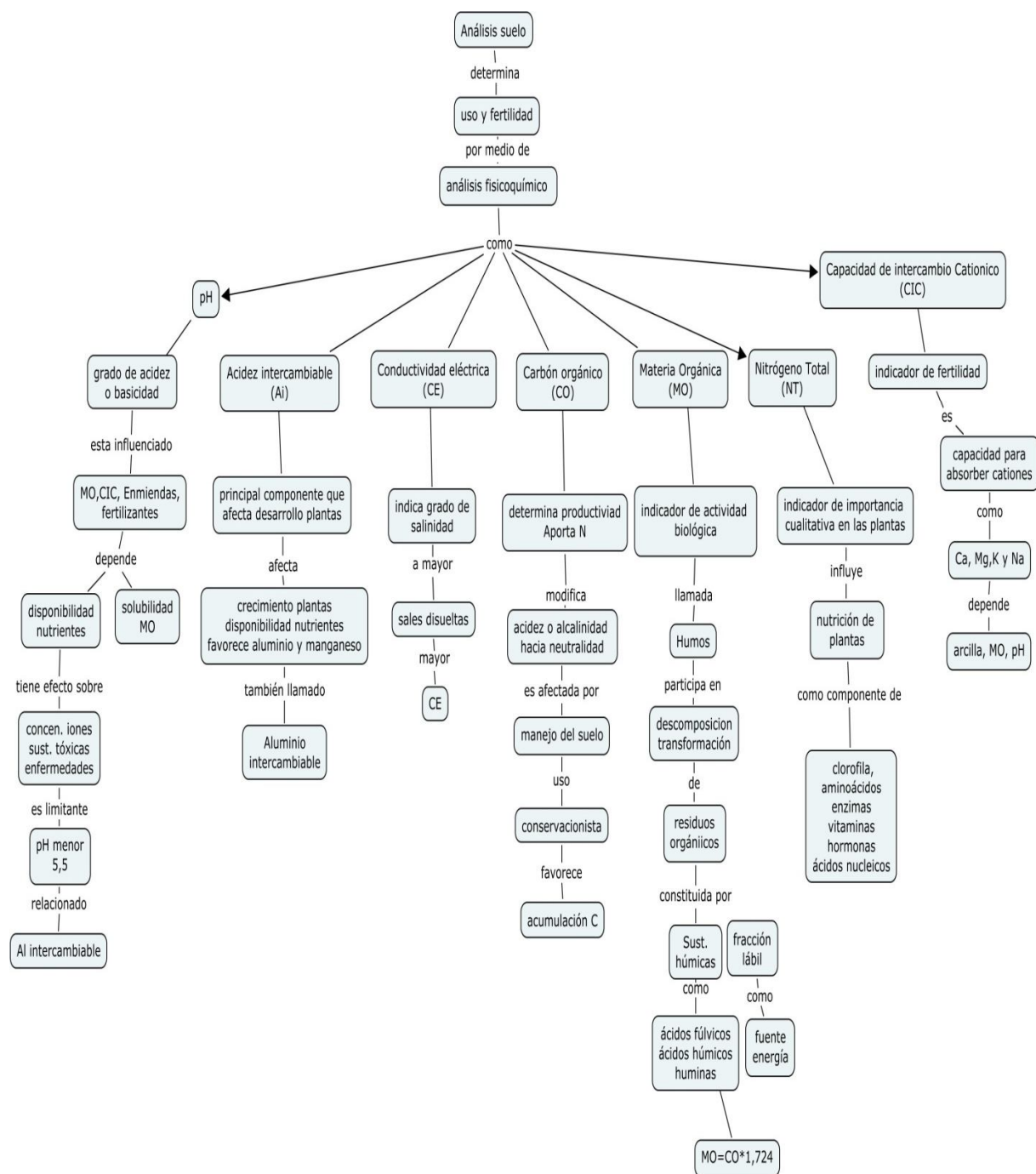


Figura 1. Análisis de suelos

Fuente: autor,2012.

Este mapa conceptual describe los análisis fisicoquímicos del suelo que dan indicios sobre la determinación de uso y fertilidad.

1.1.2.1 Materia orgánica (MO): También llamada humos, se define como la fracción orgánica que posee el suelo, excluyendo los residuos vegetales y animales sin descomponer. Además incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos. En Colombia se ha encontrado que la materia orgánica tiende a aumentar con la altura sobre el nivel del mar y con la disminución de la temperatura. (Bernal, J., 2003). La MO esta constituida principalmente por sustancias húmicas con aproximadamente 50%, y constituida por ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas; siendo las huminas el componente mas abundante, y en menor proporción una fracción lábil, disponible como fuente energética, que mantiene las características químicas de su material de origen (hidratos de carbono, ligninas, proteínas, taninos, ácidos grasos). El principal elemento que forma parte de la MO es el Carbón orgánico (CO), de hecho la MO se estima a partir de CO multiplicado por el factor de van Benmelen equivalente a 1,724 (Jackson, 1964, citado por Martínez, *et al*, 2008). Además la MO tiende a aumentar el pH cuando el suelo es ácido y a disminuirlo cuando el pH del suelo es alcalino. Así los suelos con mayor MO tienden a tener mayor concentración de minerales traza, los cuales se encuentran fuertemente adsorbidos a los coloides orgánicos (McGrath *et al.*, 1988, y Thomas, 1975, citado por Martínez, *et al*, 2008), y tiene un efecto positivo sobre la capacidad de retención de agua del suelo, disminuye la porosidad y resistencia a la compactación del suelo.

1.1.2.2 pH: es una de las propiedades físico-química más importante de los suelos. Esta propiedad afecta el crecimiento de las plantas a través de su efecto en la disponibilidad de los elementos esenciales y actividad de los microorganismos; de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas, no solo porque determina su solubilidad, sino porque controla el tipo de actividad biológica y por lo tanto la solubilidad de la materia orgánica. También tiene efecto sobre la concentración de iones y sustancias tóxicas, la CIC de suelos y raíces, enfermedades de las plantas, etc. Un suelo ácido es aquel que tiene un pH menor de 7. Sin embargo la acidez del suelo como limitante para el desarrollo de las plantas solo adquiere importancia cuando el pH es menor de 5.5. El crecimiento

pobre de las plantas en los suelos ácidos está directamente relacionado con las concentraciones de Al^3 intercambiable, baja disponibilidad de Ca y Mg, una alta capacidad de fijación de P haciéndolo inaprovechable para las plantas, y toxicidades de Mn y en algunos casos níquel y cromo. La acidificación progresiva de los suelos, se debe al reemplazo de las bases cambiables Ca, Mg, K y Na por los iones H^+ y Al^{3+} . Esta sustitución resulta de la percolación de agua, extracción de cationes básicos por las plantas y por el uso de fertilizantes de carácter ácido.

1.1.2.3 Capacidad de intercambio Catiónico (CIC): Es la capacidad del suelo para absorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo. Los cationes más importantes en los procesos de intercambio son Ca, Mg, K y Na, que son las bases del suelo y NH en suelos ácidos; a partir de pH inferior a 5,5 de Al juega un papel importante, constituyendo, junto con el H, la acidez intercambiable del suelo. La capacidad de intercambio de cationes depende principalmente del contenido y naturaleza de la arcilla, contenido de materia orgánica y pH. Esta propiedad química del suelo esta estrechamente vinculada con su fertilidad. La mayoría de los suelos tienen una carga permanente y otra carga que varia con el pH (Krull et al., 2004, citado por Martínez *et al.*, 2008), observándose un aumento de la CIC con el pH, se considera que la CIC permanente proviene de la fracción arcilla, mientras que la CIC variable depende de las sustancias húmicas.

1.1.2.4 Carbón orgánico (CO): Es el principal determinante de la productividad, tiene que ver con la cantidad, disponibilidad y calidad de los nutrientes del suelo, aporta elementos como N cuya contribución mineral es normalmente deficitaria. El CO modifica la acidez y alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, además aumenta la solubilidad de varios nutrientes, y asociado a la materia orgánica proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. Su efecto en las propiedades físicas se manifiesta mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo. La cantidad de CO no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo. (Martínez, *et al.*, 2008). CO es esencial para la actividad

biológica del suelo, actúa como fuente o reservorio de C hacia la atmosfera, el uso conservacionista del suelo favorece la acumulación de C en formas orgánicas, interviene en las propiedades químicas, aumenta CIC y la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH).

1.1.2.5 Conductividad eléctrica (CE): Es la capacidad que tiene el medio (que por lo general contiene sales inorgánicas en solución o electrolitos), para conducir la corriente eléctrica, los iones cargados positiva y negativamente son los que conducen la corriente; y CE mide la concentración de sales en una solución, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad.

1.1.2.6 Acidez intercambiable (Ai): o también aluminio intercambiable. La acidez afecta alguna de las características químicas y biológicas del suelo, de modo que se reduce el crecimiento de las plantas, ocasiona la disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes como el calcio, magnesio, potasio y fósforo, además favorece la proliferación de elementos tóxicos para las plantas como el aluminio y el manganeso. (Molina, E., 1998).

1.1.3 Aptitud de uso de los suelos Colombianos

Con respecto a la aptitud de uso agropecuario de los suelos Colombianos existe una gran diversidad, siendo dominante el sector forestal, estimada en 78.301.484 ha (68,5% del área total del país), con respecto al área con vocación ganadera es de 19.251.400 ha, siendo las regiones con mayor cantidad de área y uso adecuado agropecuario intensivo los valles interandinos y la región Caribe. (Riaño, A., *et al.* 2006.).

Los principales limitantes que presentan los suelos colombianos son: baja fertilidad, que se expresa en condiciones de alta acidez (80% del territorio Colombiano), con altos contenidos de aluminio intercambiable, al igual que bajo contenido de elementos nutricionales para la planta como fósforo (98% del suelo del país

presenta deficiencia de fósforo para las plantas), potasio, calcio y magnesio; también estos suelos presentan una baja capacidad de suministrar nutrientes como nitrógeno y azufre debido a la presencia de pequeños contenidos o mala cantidad de la materia orgánica que se ha acumulado en ellos. (Sánchez, A., *et al.* 2006.).

La alimentación del ganado en Colombia se realiza principalmente por sistema de pastoreo, en razón al bajo costo de estos recursos alimenticios, aproximadamente el 80% de las praderas dedicadas a la producción de leche del trópico alto de Colombia se encuentran establecidas con pasto kikuyo en donde un 70% de esta área no recibe prácticas adecuadas de manejo, que se refleja en baja producción de forraje (13-15 t/ha/año MS), bajas capacidades de carga (1 UGG/ha) y de producción láctea (1500 a 2400 litros/vaca/año). Además de la alta proporción de praderas degradadas, se presentan problemas como la compactación del suelo, invasión por malezas, ataque de insectos plaga (chinche, chiza, pulgón), que junto con las sequías prolongadas y heladas han propiciado su degradación, con pérdida de capacidad productiva. (Corpoica, 2002).

1.2 Valor nutritivo de los forrajes

El sistema de valoración proteica y energética desarrollado por la universidad de Cornell, conocido como “Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS)” valora el aporte de energía al rumen en términos de carbohidratos estructurales (CS) y no estructurales (CNS), basándose en el esquema de fraccionamiento de la fibra de Van Soest (1970), además del aporte de proteína soluble e insoluble.

1.2.1 Carbohidratos

Los carbohidratos constituyen la principal fuente de energía para el crecimiento microbiano. Usualmente el valor energético de la dieta se expresa en términos de energía metabolizable (EM) o energía neta (EN), refiriendo la energía disponible por el animal, siendo útiles para comparar la adecuación de los aportes con las

necesidades, pero resultan poco apropiadas como índices de energía disponible por los microorganismos del rumen. Es así como la energía de las heces, orina y metano, que se descuentan de la energía bruta para hallar la EM, presume una pérdida de energía para el animal pero no para los microorganismos ruminales. (Hungate, 1966, citado por Guada, 1996).

Con el fin de evitar estos inconvenientes el sistema **CNCPS**, define las fracciones de los carbohidratos dependiendo de su degradabilidad ruminal y los clasifica en cuatro fracciones: dentro de los carbohidratos solubles o no estructurales (CNS) esta la fracción **A** compuesta por azúcares con una degradabilidad rápida, la fracción **B1** conformada por almidones y pectinas, cuya degradabilidad ruminal es intermedia. Así mismo dentro de los Carbohidratos estructurales (CS) que constituyen la fibra o esqueleto de la planta, se encuentra la fracción **B2** carbohidratos disponibles para la flora ruminal presentes en la pared celular, la degradabilidad de esta fracción es lenta y en el laboratorio se identifica como FDN, y se considera la pared celular indigestible o indegradable, no utilizable por los rumiantes y la define como fracción **C** (lignocelulosa ó lignocarbohidratos), como puede observarse en la figura 2.

(%/h)	Fracción	Compuestos	Determinación	Degradabilidad
CNS	A	Azúcares	(CNS-B1)	Rápida: 100-400
	B1	Almidón, pectinas β- glucanos, AGV's	Análisis directo	Intermedia:5-60
CS	B2	Pared celular digestible	(CS-C)	Lenta:3-15
	C	Pared celular indigestible (<i>in vitro</i> , 72 h)	Lignina x 2.4	Indegradable

Figura 2. Análisis y características de las fracciones de carbohidratos
Fuente: J.A. Guada, 1996.

Es así como a cada subfracción se le asigna un ritmo de degradación (kd), característico de cada alimento, que junto con una estimación del tiempo de retención del contenido digestivo ruminal o ritmo fraccional de tránsito (kp), permite estimar la proporción de cada fracción que es degradada en el rumen ($kd/(kd+kp)$) o que lo abandona sin sufrir degradación ($kp/(kd+kp)$) (Sniffen y Robinson, 1985, citado por Guada, 1996). Cada fracción de carbohidrato degradada en el rumen

constituye, un sustrato de fermentación microbiana que proporciona energía a un ritmo definido por su velocidad de degradación (kd). El contenido de la dieta en EM o EN, utilizables por el hospedador, se estima a partir de su contenido en TDN (Nutrientes Digestibles Totales), se calcula como la diferencia entre el contenido en nutrientes y la excreción fecal de residuos indigestibles de origen alimenticio y microbiano. (Guada, 1996), ver figura 4.

1.2.2 Fraccionamiento de Proteínas

La proteína cruda se descompone en 5 fracciones: fracción **A** que es la de mayor contenido de NNP y es utilizado exclusivamente en forma de amoníaco, tiene una degradabilidad instantánea, la fracción **B** que corresponde a la proteína verdadera potencialmente degradable e incluye (proteína **B1**: proteína verdadera soluble, **B2**: proteína lentamente degradable y **B3**: proteína de paso) y fracción **C** la cual no se utiliza en ningún compartimiento del tracto gastrointestinal, siendo indegradable e indigestible en el intestino, por estar ligada a la fibra detergente ácida. Ver figura 3. De acuerdo a los ritmos de degradación (kd) y de paso (kp) se estima el aporte de N utilizable por los microorganismos en forma de NH₃, péptidos o aminoácidos.

Tampón borato- fosfato	Fracción	Compuestos	Determinación	Degradabilidad
Soluble	A	Nitrógeno no proteico	(Solube-B1)	Instantánea
	B1	Globulinas, albúminas	Precipitable TCA	Rápida: 100-400
Insoluble	B2	Albúminas, globulinas	1-(A+B1+B3+C)	Intermedia: 3-15
	B3	N pared celular disponible	(NDIN-ADIN)	Lenta: 0.05-0.5
	C	N ligado a lignina	ADIN	Indegradable
		Compuesto de Maillard		

NDIN= Nitrógeno insoluble en detergente neutro

ADIN= Nitrógeno insoluble en detergente ácido

Figura 3. Análisis y características de las fracciones proteicas
Fuente: J.A. Guada, 1996

El sistema **CNCPS** cuantifica la síntesis microbiana mediante dos grandes grupos microbianos como son las bacterias que fermentan los **CS** utilizan exclusivamente NH₃, y las fermentadoras de **CNS** utilizan como fuente de nitrógeno NH₃, péptidos o

aminoácidos; variando la eficiencia de síntesis microbiana en función de la relación forraje/concentrado y nutrientes aportados por la dieta (Guadua, 1996). (Figura 4). Con el fin de que exista una relación entre carbohidratos y proteínas, y además tengan un impacto sobre la producción de células microbianas se busca que las fracciones de proteína y carbohidratos coincidan, es decir la fracción **A** de proteína con fracción **A** de carbohidratos, así los microorganismos aprovechan el nitrógeno y los ácidos grasos volátiles para conformar su proteína.

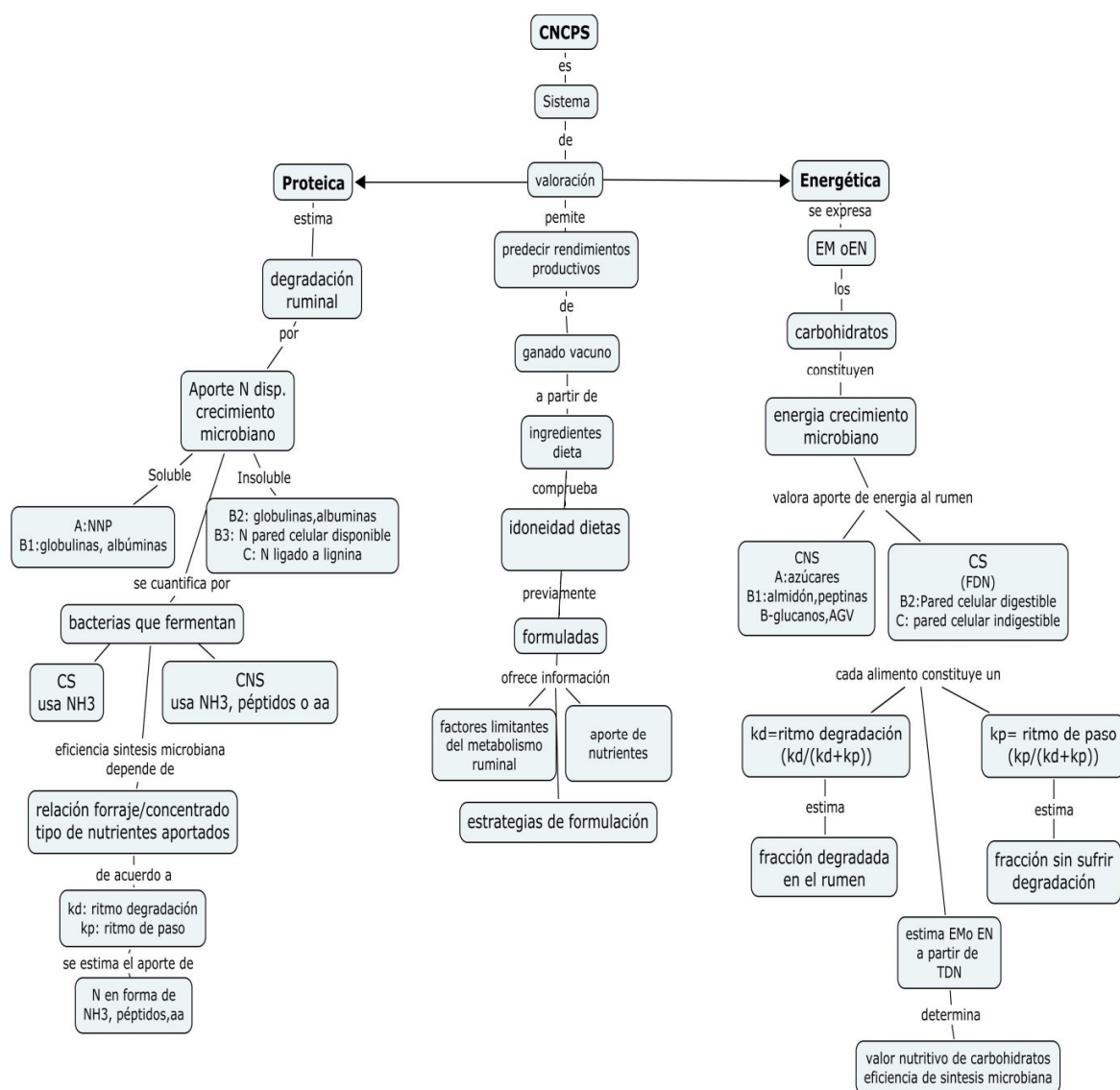


Figura 4. Sistema CNCPS

Fuente: autor, 2012.

El sistema CNCPS es un sistema de valoración de carbohidratos y proteínas que permite predecir rendimientos productivos del ganado vacuno a partir del contenido en ingredientes de la dieta.

1.3 Factores antinutricionales (FAN): La diversidad en plantas es enorme, existen más de 1200 clases de compuestos químicos del metabolismo secundario de las plantas, los cuales tienen funciones de almacenamiento, defensa o reproducción. Se han reportado cerca de 8000 polifenoles, 270 aminoácidos no proteicos, 32 cianógenos, 10000 alcaloides, varias saponinas y esteroides. (Redvet, 2005). Son llamados metabolitos secundarios porque no es obvio su papel en el metabolismo de muchos organismos, se conocen en la actualidad dos vías o rutas fundamentales que permiten la biosíntesis de la gran mayoría de los diferentes tipos de productos naturales conocidos: la ruta del ácido shikímico, la cual existe en plantas, hongos y bacterias, pero no en animales, por ello el ser humano requiere fenilalanina, tirosina y triptófano en su dieta, y la ruta de los policétidos acetato-malonato, a partir de malonato y acetato se forman policétidos (acetogeninas). (Salisbury, *et al.*, 1996) y (Azcon, *et al.*, 2003).

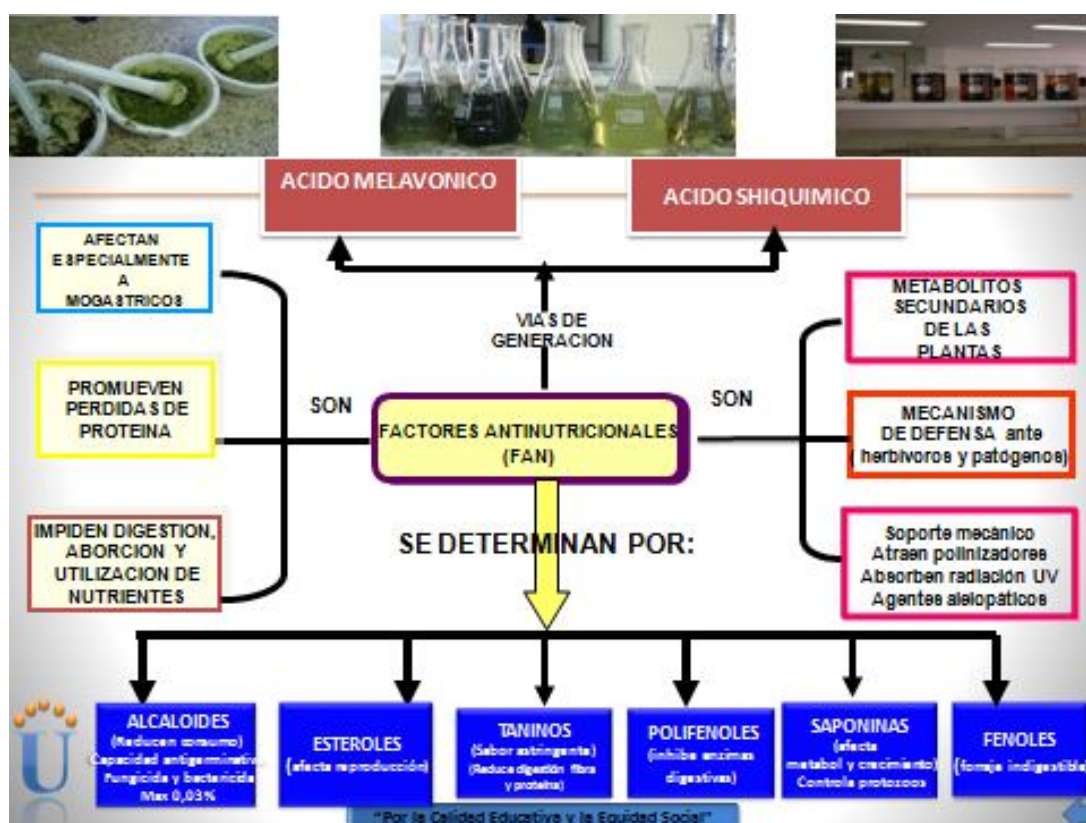


Figura 5. Factores antinutricionales (FAN)
Fuente: autor, 2012.

De acuerdo a la figura 5, los factores antinutricionales (FAN) son metabolitos secundarios de las plantas, que afectan especialmente a monogástricos, promueven pérdidas de proteína e impiden la digestión, absorción y utilización de nutrientes. Representan mecanismos de defensa ante herbívoros y patógenos, sirven de soporte mecánico, atraen polinizadores, absorben radiación UV y son agentes alelopáticos. Se presentan dos vías o rutas de biosíntesis o generación, la ruta del ácido melavónico y la ruta del ácido shikímico. Entre algunos de los metabolitos secundarios se encuentran los alcaloides los cuales reducen el consumo, tienen capacidad antigerminativa, fungicida y bactericida en los animales se admite máximo un 0,03% en la dieta, esteroides los cuales pueden afectar la reproducción, taninos con base en sus propiedades químicas se dividen en taninos condensados e hidrolizables, siendo los condensados los más comunes en la naturaleza, además los polifenoles inhiben las enzimas digestivas, saponinas afectan metabolismo y crecimiento, además de controlar los protozoos y los fenoles que hacen el forraje indigestible.

1.3.1 Taninos: son los compuestos secundarios vegetales más comunes, pero sus consecuencias en la alimentación animal no son bastante claras. Su mayor característica es la de formar complejos químicos no solo con proteínas sino también con varios compuestos como polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, alcaloides y saponinas (Rosales, 1998, citado por Olivares, J., 2005).

Los taninos de la palabra inglesa tanning (curtido), el término tanino fue originalmente usado para describir la sustancia de los extractos vegetales usados para curtir cueros animales. Se definen como compuestos naturales polifenólicos, hidrosolubles, que forman complejos con proteínas, carbohidratos y otros polímeros del alimento. Son capaces de precipitar alcaloides, gelatinas y otras proteínas en soluciones acuosas (Huisman y Tolman 1992, Jansman 1993, citado por Belmar, 2000).

Los taninos pueden dividirse en dos grupos: Taninos pirogálicos o hidrolizables (THS), son de bajo peso molecular (500 a 3000 daltones), los cuales se encuentran en bajas cantidades en las plantas, se les conoce con el nombre de pirogálicos porque cuando se destilan en seco producen ácido gálico y pueden ser hidrolizados fácilmente por ácidos minerales, o bases débiles produciendo carbohidratos y ácido fenólico, estos son hidrolizados por agua caliente o enzimas.

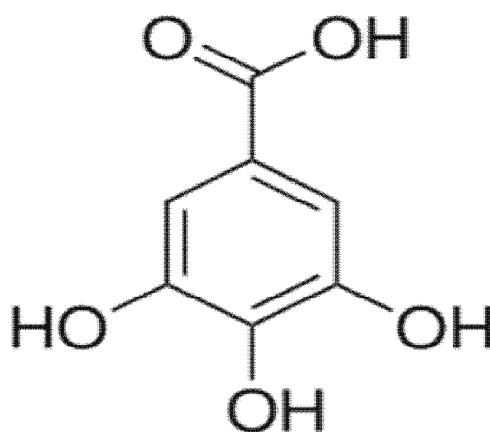


Figura 6. Estructura química Taninos hidrolizables (Acido gálico)
Fuente: Carulla,1994, citado por Posada, et al.,2006.

Los taninos condensados (TC) o Proantocianidinas, son más ampliamente distribuidos que los taninos hidrolizados, son polímeros fenólicos de alto peso molecular (1900 a 28000 daltones). Los taninos condensados pueden presentarse en forma libre o extractable, o ligada a la proteína o los carbohidratos de la pared celular; solamente la forma soluble es la responsable de la depresión en la digestibilidad de la proteína y de la fibra. (Posada, *et al.* 2006).

Así mismo, las proantocianidinas pueden desempeñarse como atrapadores de radicales libres y como agentes antivirales. Las características químicas de los taninos condensados presentes en los tallos herbáceos (polímeros que contienen tres hidroxilos adyacentes en el anillo B flavonoídico) permitirían pensar en una posible actividad antiviral y antioxidante (Ricco, R., *et al.* 2002).

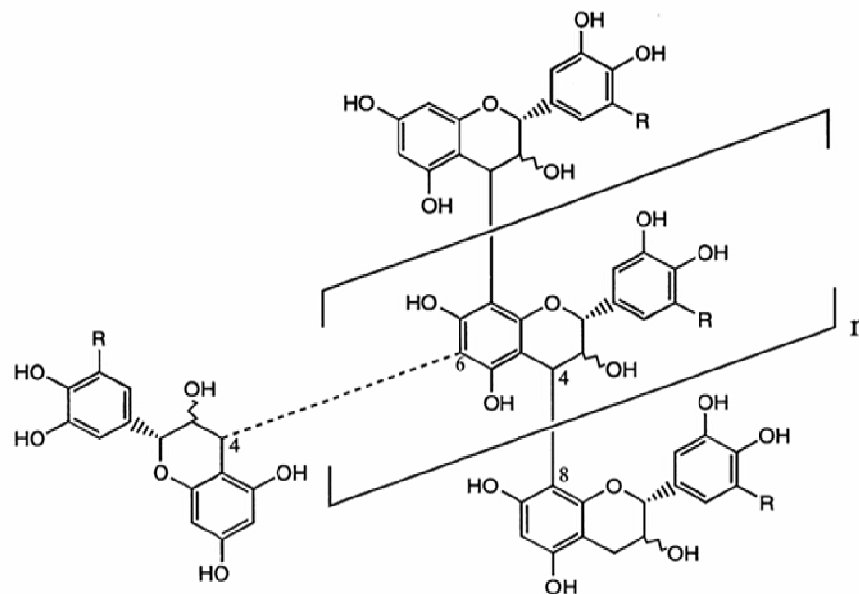


Figura 7. Estructura química Taninos condensados o proantocianidinas
Fuente: Carulla,1994, citado por Posada, et al.,2006.

Con respecto a los taninos que precipitan proteína (TPP), tienen la propiedad de precipitar proteínas porque estos compuestos actúan como defensa ante los predadores, lo cual se relaciona con la impalatabilidad que generan los taninos, así como también la disminución de la digestibilidad de las proteínas dietarias (Ricco, *et al.* 2002).

1.3.2 Alcaloides: parecen jugar un papel muy importante en el sistema de defensa de la planta, se ha estudiado la capacidad antigerminativa, fungicida y bactericida de los alcaloides mayoritarios (esparteína, lupanina, lupinina y gramina) de las diferentes especies del género *Lupinus*, a fin de evaluar la posibilidad de emplearlos en el desarrollo de plaguicidas naturales. También se están haciendo estudios en animales monogástricos para ver su efecto sobre el colesterol y su efecto hipoglucemiante. Aparte de estos ejemplos de compuestos no nutritivos de naturaleza proteica y no proteica, otros muchos componentes como inhibidores de proteasa, taninos, fitoestrógenos, etc. se consideran también muy importantes por sus implicaciones en nutrición y salud. (Muzquiz, et al., 2006).

Los alcaloides químicamente son un grupo diverso que comparten propiedades alcalinas (de ahí su nombre), y contienen Nitrógeno en anillos heterocíclicos. A los herbívoros, les resultan desagradables por su sabor amargo (Cheeke y Kelly 1989, D'Mello 1995, citados por Belmar, 2000) y los define como compuestos nitrogenados básicos, los cuales pueden formar sales con ácidos. Se identifican tres grupos: alcaloides verdaderos, pseudoalcaloides y protoalcaloides. Se ha determinado la existencia de doce diferentes alcaloides en las especies *Lupinus* spp, con diferentes grados de toxicidad. En dietas para cerdos, su utilización se indica bajo una tolerancia de hasta un 0,03% de alcaloides; en tanto que en humanos, el National Health and Medical Research Council australiano lo limita a no más de un 0,02% (Liener 1989, citado por Belmar, 2000).

Los efectos tóxicos de estos alcaloides no son acumulativos y son rápidamente excretados por el riñón, siempre que la cantidad total de alcaloides no exceda un determinado nivel. Según (Muzquiz, *et al.*, 2006) los límites de toxicidad que están aceptados son 0,02% para nutrición humana y 0,03% para nutrición animal. Es por lo tanto importante conocer la cantidad de alcaloides presentes y los niveles tóxicos de los alcaloides individuales ya que no todos tienen la misma toxicidad. Por ejemplo, la esparteína y la lupanina son los más tóxicos. Por otra parte, algunos alcaloides del lupino son conocidos por sus efectos farmacológicos.

Su efecto en las especies domésticas es variado. Así, los cerdos son muy susceptibles a cualquier nivel de inclusión de lupinos, causando una disminución en la tasa de crecimiento, y efectos como el rechazo del alimento y el vómito, aún con material térmicamente procesado. En cambio los pollos de engorde toleran niveles de 20% sin acusar efectos nocivos y los conejos llegan a tolerar inclusiones de 50%. Los alcaloides están presentes en varias plantas de interés para la alimentación animal, tales como *Glycine max*, *Lupinus* spp, *Lens culinaris*, *Vicia faba*, *Cicer arietinum* y otros. (Belmar, 2000).

1.3.3 Saponinas: Se caracterizan por su gusto amargo, la formación de espuma en

soluciones acuosas, su habilidad para hemolizar glóbulos rojos y su capacidad para ligarse al colesterol, no todas estas características son compartidas por todos los tipos de saponinas (Belmar, 2000).

Se reporta que afectan el comportamiento y metabolismo del animal a través de: hemólisis de eritrocitos, reducción de colesterol sanguíneo y hepático, depresión de la tasa de crecimiento, inhibición de la actividad del músculo liso, inhibición enzimática y reducción en la absorción de nutrientes. El abundante lavado en agua es un procedimiento que permite disminuir su efecto, aunque con éste se pierden elementos nutritivos.

Varios trabajos reportan que el consumo de saponinas disminuye la cantidad de ciliados en rumen, por lo tanto la presencia de saponinas en los frutos y forrajes explica la reducción de protozoarios en los niveles altos de suplementación. Las ventajas sobre la economía del N por efecto de la defaunación (Leng, 1990 citado por Navas, 1997) o reducción drástica de la población de ciliados (Navas *et al.*, 1997) demuestran las ventajas del control de la población de protozoarios ciliados, particularmente en dietas con base en forrajes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se describen las especies evaluadas, localización del muestreo, procedimientos o métodos utilizados, materiales y demás valoraciones desarrolladas en el laboratorio de nutrición animal para la obtención de los resultados en cada análisis.

2.1 Especies de la Investigación

La investigación fue dirigida a especies forrajeras como son: Lotus (*Lotus uliginosus*) de clima frío trópico alto, Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) y Matarratón (*Gliricidia sepium*) ambas de clima templado trópico medio; que pueden contribuir a la nutrición animal y que aun no han sido aprovechadas lo suficiente.

2.1.1 Lugar de Muestreo

La recolección del material vegetal se realizó en trópico alto: *Lotus uliginosus* (municipio Mosquera Cundinamarca, como cobertura de manzano en la finca Marengo Universidad Nacional de Colombia, con 2598 msnm y temperatura media 14°C), y en trópico medio se recolectaron las muestras de: *Tithonia diversifolia* y *Gliricidia sepium* (municipio La Mesa Cundinamarca, Finca Orquídeas, con 1198 msnm y temperatura media 20°C). Se aclara que la especie *Tithonia diversifolia* se tomó en la parte de afuera de la finca a la orilla de la carretera. Por cada especie en estudio se tomaron muestras de hojas y tallos. Suelos manejados con cero labranza. Las muestras se colocaron en bolsas de papel, y se rotularon, para análisis en laboratorio.

A continuación se muestra el área de recolección de las muestras (figura 8)



Figura 8. Ubicación geográfica recolección de muestras Mosquera, y La Mesa Cundinamarca
 Fuente: autor, 2012.

En la figura se indican las dos zonas de muestreo del material vegetal, para el caso de *Lotus uliginosus* se recolectó en el municipio de Mosquera Cundinamarca y las otras dos muestras *Tithonia diversifolia* y *Gliricidia sepium* se recolectaron en el municipio de La Mesa Cundinamarca.

Las muestras fueron recolectadas en el mes de septiembre de 2011, donde se registraron lluvias intensas, la edad de las plantas no fue determinada, sin embargo se cree que las especies *Lotus uliginosus* y *Tithonia diversifolia* eran plantas maduras y la especie *Gliricidia sepium* tenía aproximadamente tres años según comentario del propietario, donde se tiene como cerca viva en uno de los linderos de la finca.

2.2. Especies muestreadas

Las especies muestreadas para el estudio químico se describen a continuación, mostrando ventajas competitivas para la alimentación animal, aprovechamiento de la biodiversidad además de otros usos de interés para el hombre.

2.2.1 Lotus (*Lotus uliginosus*)



Reino: Vegetal
Orden: *Fabale*
Familia: *Fabaceae*
(*Leguminosaceae*)
Género: *Lotus*
Especie: trébol pata de pájaro
Nombres comunes: *Lotus uliginosus*.

Figura 9. *Lotus uliginosus*
Fuente: autor, 2012.

El género *Lotus* contiene más de 200 especies, distribuidas en Europa, Asia y Norte América. Es un género con especies anuales y perennes, con hábitos de crecimiento postrado y erecto. Las hojas de *Lotus* son pentafoliadas, con la apariencia de la alfalfa pero ligeramente más claras en el color; tres folíolos se agrupan en el ápice y dos en la base del pedúnculo. La cápsula de la semilla es el rasgo más destacado de la planta, pues tiene una longitud de casi 4 cm y se extiende desde el tallo, que al invertir el pedúnculo que contiene las vainas se asemeja a la pata de un pájaro; de allí su nombre trébol pata de pájaro.

Una de las características del trébol pata de pájaro es que tolera suelos con mal drenaje debido a su raíz pivotante profunda y ramificada y que se adapta bien a diferentes suelos, que va desde ácidos hasta salinos entre un rango de pH de 4,5 a 8,3. Por otra parte, el trébol pata de pájaro se ha sembrado desde el nivel del mar hasta 3660 msnm y ha mostrado ser tolerante de temperaturas entre -4 a 24°C y resistente a heladas. Las raíces profundas de las especies *Lotus* también lo hacen más resistente al invierno, dado que la mayor ramificación de ellas le permite soportar mejor los rigores climáticos comparados con la alfalfa. Diversos cultivares de *Lotus* se han desarrollado y liberado en Estados Unidos, Canadá, Brasil, Uruguay, Australia y Nueva Zelanda, como son: Norcen, Wisconsin, Makú, Rincón, Paraguay, Dawn y Georgia One.

2.2.2 Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*)



División: Spermatophyta
Clase: Dicotiledoneae
Subclase: Metaclamídeas
Orden: Campanuladas
Familia: Compositae
Género: Tithonia
Especie: *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray
Nombres comunes: Botón de Oro.

Figura 10. *Tithonia diversifolia*
Fuente: autor, 2012.

El género *Tithonia* comprende diez especies, todas originarias de México o Centro América. Una de ellas, *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, fue introducida a las Indias Occidentales y a Ceylan. Esta especie fue descrita como planta herbácea de 1.5 a 4.0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo. Es además una especie con buena capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo.

En Colombia, se siembra como cerca viva para rodear sitios donde se ubican colmenas, en áreas de bosque para protección de fuentes de agua, como especie ornamental en parcelas de producción agrícola con alta diversidad, para atraer insectos benéficos y las hojas se utilizan en cocción para el "pasma" o frío y como medicina para "problemas del hígado (Ríos, 1998). Además, se ha observado su utilización como forraje de corte para vacas y conejos, en silvopastoreo de vacas en Río Negro Antioquia; en cerdos, en Búfalos y en ovinos (Ríos, 1992).

En nuestro medio hasta ahora ha crecido, sin prestar mayor utilidad que el ornato, en las orillas de carreteras y caminos de donde es posible, fácil y necesario, rescatarla para que preste toda su utilidad en el aporte proteico de raciones animales, en la necesidad de dar mayor rentabilidad a las explotaciones agropecuarias mediante la sustitución de concentrados comerciales.

2.2.3 Matarratón (*Gliricidia sepium*)



División: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliopsida* *Dicotyledoneae*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Fabales*
Familia: *Fabaceae*
Género: *Sepium*
Especie: *Gliricidia sepium* (Jacq.)
Nombres comunes: maderonegro, madre cacao, matarratón, sangre de drago

Figura 11. *Gliricidia sepium*
Fuente: autor, 2012.

El matarratón es un árbol originario de Centro América y la zona norte de Sur América, encontrándose ampliamente distribuido en las regiones tropicales del mundo, con multiplicidad de usos (Benavides 1983; NFTA 1987; Botero 1988; Attah Kran 1990, citado por Gomez *et al*, 1990). Tiene un alto nivel de proteína, y una gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas. Crece hasta 10 m de altura, con raíces profundas. Produce cantidad de ramas y hojas.

Crece bien desde el nivel del mar hasta 1.600 m de altura, con temperaturas de 20 a 30°C, una precipitación promedio entre los 600 a 3000 milímetros anuales, en suelos ligeramente ácidos y erosionados; soporta bien la sequía. No crece bien en suelos pesados y húmedos, prefiere los livianos y profundos.

Sus raíces son nitrificantes (fijadoras de nitrógeno) y es fuente de proteína sobrepasante, debido al efecto protector de los compuestos fenólicos (taninos), posee altos contenidos de proteína bruta (15 a 30%) y de calcio, además de aminoácidos y vitaminas esenciales (Abad, 1994). El forraje puede ser cosechado cada 3 meses y se puede obtener hasta 75t/ha/año con un 58 a 60% de hojas. Estas se pueden secar en capas delgadas y utilizarlas como consumo fresco, heno, ensilaje en mezcla de maíz o pastos de corte como King grass y caña.

2.3 Muestreo Experimental

Se aplicó un muestreo estadístico al azar, en arreglo factorial con dos factores, donde el factor 1 corresponde a las tres especies y el factor 2 a las zonas de muestreo (clima frío y medio); con 3 replicas por especie para un total de 9 muestras forrajeras, destinadas al análisis de laboratorio.

Se aplicó la estadística descriptiva e inferencial, por medio de los estadígrafos de tendencia central y dispersión tales como media, desviación estándar, varianza y error estándar de la media.

Con el propósito de hallar diferencias estadísticas entre especies y entre zonas, se utilizó análisis de varianza en doble vía, para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 15.0 (2002), mediante procedimientos de ANOVA, y también se aplicó pruebas de comparación múltiples de medias Duncan, comparadas al 5% de probabilidad. Finalmente se realizó análisis correlacional entre las variables evaluadas, mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

A continuación se muestra el cuadro 1 de distribución del muestreo experimental realizado.

Cuadro 1. Distribución muestreo experimental

Especie	identificación	Estado vegetativo	Epoca	Región muestreo	h (msnm)/ Temperatura	*Zona muestreo	Replica	Zona planta muestreo
<i>Lotus uliginosus</i>	Luta	maduro	Invierno	Mosquera Cund.	2598 14°C	frío	3	Hojas+tallos
<i>Tithonia diversifolia</i>	Tdtm	maduro	Invierno	La Mesa Cund.	1198 20°C	medio	3	hojas+tallos
<i>Gliricidia sepium</i>	Gstm	maduro	Invierno	La Mesa Cund.	1198 20°C	medio	3	hojas+tallos

h(msnm):altura (metros sobre el nivel del mar)

*<http://www.todacolombia.com/geografia/pisostermicos.html> Trópico frío: 12 a 17°C 2000m; trópico medio: 17 a 24°C, 1000 m

Factor 1:especie; Factor 2: zona muestreo

Fuente: autor,2012.

En el cuadro 1 se describe la especie, identificación de cada especie durante la investigación, época de muestreo, región de muestreo, altura, temperatura, replica y zona de la planta muestreada. El arreglo factorial corresponde factor 1: especies y factor 2: zona de muestreo.

2.4 Evaluación realizada

Los análisis que se evaluaron en el laboratorio fueron realizados de acuerdo a los métodos analíticos AOAC (2000), siguiendo las normas de seguridad en el laboratorio. Para llevar a cabo este trabajo se utilizó las instalaciones, el equipo, el laboratorio de Nutrición Animal y recursos suministrados por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Sede Mutis Bogotá D.C.

En el laboratorio de Nutrición Animal se evaluaron básicamente cuatro factores como son: análisis fisicoquímico del suelo, análisis químico de las especies evaluadas, análisis fraccional en fibra y proteína y análisis antinutricionales de la especie en estudio.

2.4.1 Análisis fisicoquímico del suelo

Con el fin de analizar las características fisicoquímicas del suelo donde fueron recolectadas las muestras de las especies en estudio, se determinó en el laboratorio los análisis fisicoquímicos como: (pH)=pH, (Ai)=Acidez intercambiable, (CE)=Conductividad eléctrica, (CO)=Carbón orgánico, (MO)=Materia orgánica, (NT)=Nitrógeno total, (CIC)=Capacidad de Intercambio Catiónico.

Análisis fisicoquímico de suelo

VARIABLE	UNIDAD	TIPO	TECNICA
pH	-	Química	Potenciométrica
Humedad	%	Física	Gravimetría
Acidez Intercambiable (Ai)	% meq	Bromatológica	KCl 1N
Conductividad Eléctrica (CE)	dS/m	Bromatológica	Conductímetro
Carbón orgánico (CO)	%	Bromatológica	Walkley Black
Materia Orgánica (MO)	%	Bromatológica	Ecuación
Nitrógeno total (NT)	%	Bromatológica	Ecuación
Capacidad de Int. Catiónico (CIC)	% meq	Bromatológica	Acetato de Amonio 1N

Tabla 1. Análisis fisicoquímico de suelo

En la tabla 1 se relacionan los análisis realizados al suelo en laboratorio, donde se describe la unidad de medida, el tipo de medida y la técnica utilizada.



Figura 12. Análisis físicoquímico del suelo

Fuente: autor, 2012.

En la figura 12 se muestra un registro fotográfico de los análisis realizados en el laboratorio, correspondiente al suelo.

2.4.2 Análisis químico de especies evaluadas

A continuación se describe la valoración realizada en el laboratorio.

Con el fin de conocer acerca de la composición nutricional de las especies *Lotus* (*Lotus uliginosus*), *Tithonia diversifolia* y *Gliricidia sepium*; se realizaron análisis químicos proximales que involucraron: (PC)=Proteína cruda método Kjeldahl, y (pH) por medio del cual se evaluó el grado de acidez o alcalinidad de las especies trabajadas, el cual se midió con potenciómetro, el cual consta de un electrodo que mide la concentración de iones de hidrógeno presentes en la muestra.

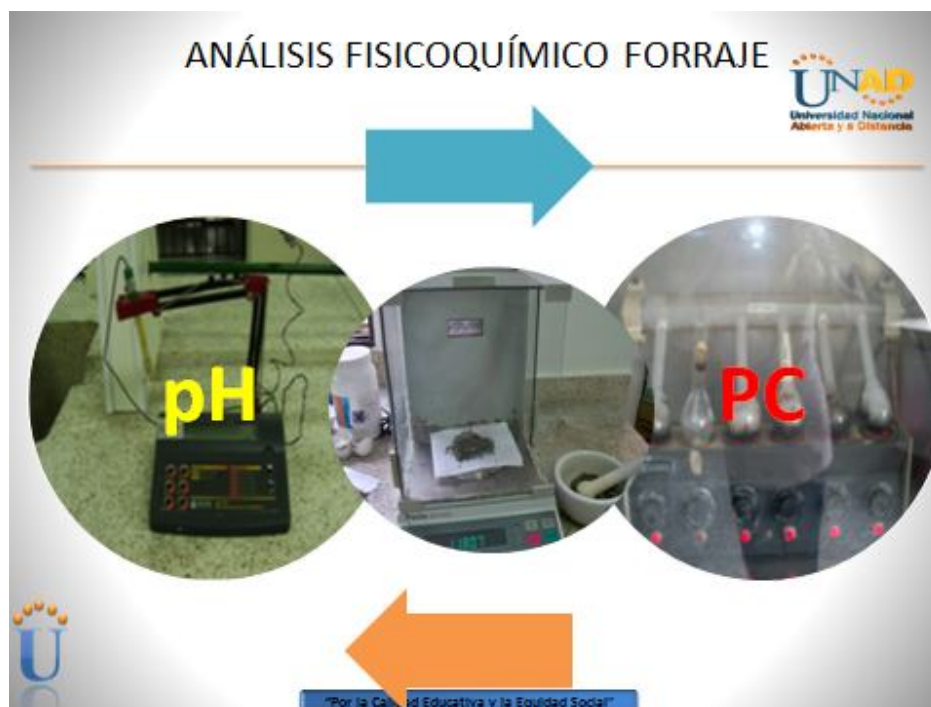


Figura 13. Análisis químico de especies evaluadas

Fuente: autor, 2012.

En la figura 13 se representa los análisis realizados en el laboratorio, correspondiente a los análisis fisicoquímicos del forraje.

En las tablas 2 y 3 se describen los análisis realizados al forraje en el laboratorio.

Análisis fisicoquímico del forraje

VARIABLE	UNIDAD	TIPO	TECNICA
Determinación fisicoquímica evaluada en el forraje			
pH	-	Química	PH metro
Proteína Cruda (PC)	% MS	Bromatológica	Kjeldahl

Tabla 2. Análisis fisicoquímico del forraje

En la tabla 2 se relacionan los análisis fisicoquímicos realizados al forraje en laboratorio, donde se describe la unidad de medida, el tipo de medida y la técnica utilizada.

2.4.3 Análisis Fraccional Forraje

Con el fin de conocer acerca de la composición fraccional de las especies *Lotus* (*Lotus uliginosus*), *Tithonia diversifolia* y *Gliricidia sepium*; se realizaron análisis químicos fraccionales que involucraron: (**NS**)=Nitrógeno soluble, (**NNP**)=Nitrógeno No Proteico, (**PNNP**)=Proteína del Nitrógeno No Proteico, (**CNE**)=Carbohidratos No Estructurales, (**PS**)=Proteína Soluble, (**FR**)=Fibra Residual, (**FDN**)= Fibra

Detergente Neutra, (**FDA**)= Fibra Detergente Ácida, (**HC**)=Hemicelulosa, (**A**)=Fracción A, (**B**)=Fracción B, (**C**)=Fracción C.

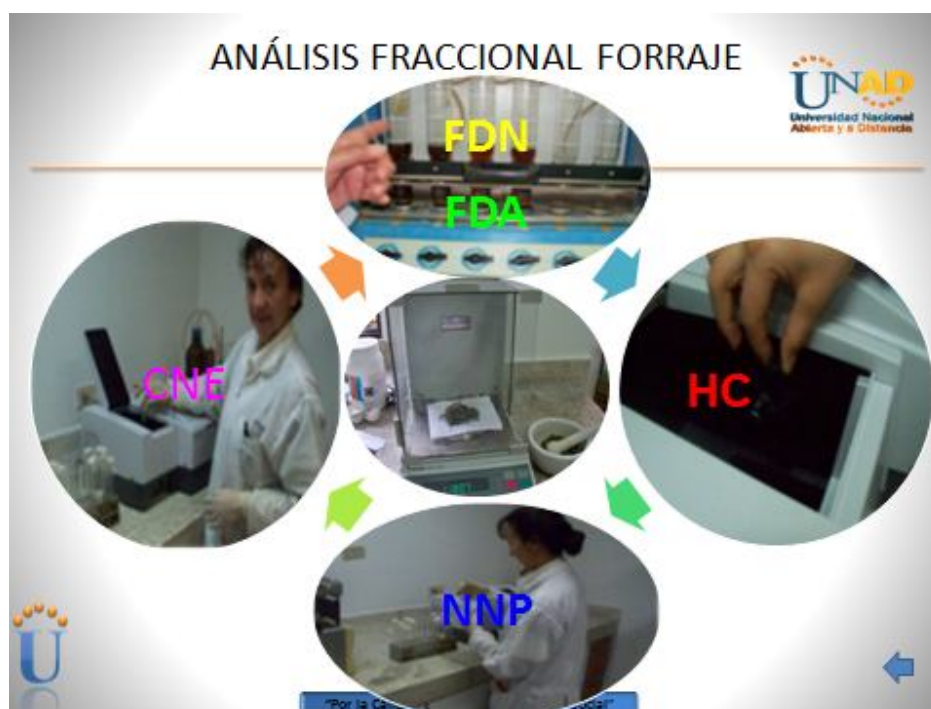


Figura 14. Análisis fraccional de especies evaluadas

Fuente: autor,2012.

En la figura 14 se representa los análisis realizados en el laboratorio, correspondiente a los análisis de fraccionamiento de Van Soest determinados en el forraje.

Análisis químico fraccional en fibra y proteína del forraje

VARIABLE	UNIDAD	TIPO	TECNICA
Fibra detergente Neutra (FDN)	% MS	Bromatológica	Van Soest
Fibra Detergente Acida (FDA)	% MS	Bromatológica	Van Soest
Nitrógeno Soluble (NS)	% MS	Bromatológica	Espectrofotometría
Nitrógeno No Proteico (NNP)	%	Bromatológica	Van Soest
Proteína Nitrógeno No Proteico	%	Bromatológica	Van Soest
Hemicelulosa	%	Bromatológica	Van Soest
Fracción A	%	Bromatológica	Van Soest
Fracción B	%	Bromatológica	Van Soest
Fracción C	%	Bromatológica	Van Soest
Proteína Soluble (PS)	%	Bromatológica	Van Soest
Carbohidratos No Estructurales	%	Bromatológica	Van Soest
Fibra Residual (FR)	%	Bromatológica	Van Soest

Tabla 3. Análisis químico fraccional en fibra y proteína del forraje

En la tabla 3 se refiere los análisis de Van Soest realizados al forraje en laboratorio, donde se describe la unidad de medida, el tipo de medida y la técnica utilizada.

La fibra es el componente primordial de los forrajes, tiene importancia desde el punto de vista fisiológico y nutritivo, ya que es indispensable para el funcionamiento del rumen, y posee nutrientes que son parcialmente digeridos en el mismo rumen. Por lo tanto conocer su composición permite estimar el grado de aprovechamiento que tendrá un forraje. Hay que recordar que la célula vegetal difiere de la célula animal en que posee una pared celular, la cual constituye la fibra, que está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Una pequeña cantidad del nitrógeno del forraje se encuentra en la pared celular combinado con la lignina, siendo no disponible para los animales. Esta fibra es prácticamente indigestible para los monogástricos y parcialmente digestible por los rumiantes y otros herbívoros. En el laboratorio por medio del método de (Van Soest y col, 1967) se separan los componentes nutricionales solubles de aquellos que no son totalmente aprovechables o que dependen de la fermentación biológica para su aprovechamiento.

Análisis basados en la metodología de Ph.D. Peter Van Soest (1970), donde se analizan los forrajes con el fin de determinar dos residuos principales la fibra detergente neutro (FDN) y la fracción llamada fibra detergente ácido (FDA). Este método consiste básicamente en separar la materia seca en contenido celular y pared celular, por medio de detergentes. Cuando las muestras se destilan con un detergente neutro; este detergente solubiliza el contenido celular, dejando un residuo que es la pared celular. El contenido celular está constituido principalmente por azúcares, almidón, glicósidos, fructosanas, pentosanas, pectinas, ácidos orgánicos, sustancias nitrogenadas, lípidos, minerales solubles, pigmentos solubles y taninos. Esta fracción es esencialmente digerible de acuerdo con Tessema y Van Soest (citado por Bernal, E., 2003.).

2.4.4 Análisis de factores antinutricionales

Análisis químico antinutricional de especies evaluadas

VARIABLE	UNIDAD	TIPO	TECNICA
Determinación de factores antinutricionales evaluadas en el experimento			
Polifenoles Totales	A	Química	Espectrofotometría
Taninos hidrolizables (THS)	A	Química	Espectrofotometría
Taninos condensados (TC)	A	Química	Vanilina-HCl
Taninos precipitan proteína	A	Química	Espectrofotometría
Fenoles	A	Química	Colorimetría
Saponinas	mm	Química	Altura espuma
Alcaloides	A	Química	Espectrofotometría

A: Absorbancia Fuente (Autor, 2012)

Tabla 4. Análisis químico antinutricional de especies evaluadas

En la tabla 4 se describen los análisis antinutricionales realizados al forraje en laboratorio, donde se describe la unidad de medida, el tipo de medida y la técnica utilizada.

Con el fin de conocer acerca de la composición antinutricional de las especies *Lotus* (*Lotus uliginosus*), *Tithonia diversifolia* y *Gliricidia sepium*; se realizaron análisis químicos antinutricionales que involucraron: **(PFT)**=Polifenoles Totales, **(THS)**=Taninos Hidrolizables, **(TC)**=Taninos condensados, **(TPP)**=Taninos que precipitan proteína **(Alc)**=Alcaloides, **(Sap)**=Saponinas, (Fenoles)=Fenoles.



Figura 15. Análisis químico antinutricional de especies evaluadas

Fuente: autor, 2012.

En la figura 15 se enseña los análisis realizados en el laboratorio, correspondiente a los análisis de factores antinutricionales (FAN) determinados en el forraje.

3. ANALISIS DE RESULTADOS

A continuación se presenta un resumen de la evaluación química de tres especies estudiadas con potencial forrajero de los trópicos alto y medio.

Se evaluó la composición fitoquímica de dos especies leguminosas como Lotus (*Lotus uliginosus*), Matarratón (*Gliricidia sepium*) y una herbácea Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*), fueron evaluadas en el laboratorio de nutrición animal, con un muestreo estadístico al azar, en arreglo factorial con dos factores (especie y trópico o zona de muestreo). Dentro de la caracterización química del suelo, se identificó que el suelo con las mejores características fue donde se recolectó la especie *Lotus uliginosus*, la cual corresponde a clima frío del trópico alto, por presentar pH ligeramente ácido, una mayor fertilidad de acuerdo con los resultados de carbono orgánico y contenido de materia orgánica, en general los análisis químicos del suelo mostraron concentraciones salinas normales y contenido normal de sodio. Con respecto a los análisis de forraje superiores al resto fueron: contenidos de proteína cruda con (27,29%) en la especie *Lotus uliginosus*, además de obtener la cantidad más elevada de nitrógeno no proteico (1,33%). Sobresalió debido a su fracción fibrosa con (37,23%) *Gliricidia sepium*, y la especie *Tithonia diversifolia* obtuvo los menores valores para FDA (19,50%). La máxima cantidad de polifenoles totales fueron encontrados en *Lotus uliginosus* (0,13%), además de presentar el mayor contenido de taninos hidrolizables (%THS) con (0,40%), taninos condensados (45,0 g/Kg). Con respecto a la prueba de alcaloides el mayor valor fue encontrado en la especie *Gliricidia sepium* con (0,03%); sin embargo las concentraciones obtenidas no afectan su consumo, ya que son apetecidas por el ganado ovino, caprino y bovino, por tal motivo no afecta el consumo voluntario ni repercute negativamente en la salud del animal. Las especies evaluadas presentaron una aceptable composición proximal, poca presencia de metabolitos secundarios con bajas concentraciones de factores antinutricionales. Por lo tanto estas especies constituyen buenas alternativas como suplemento en los sistemas de producción ganadero en el trópico Colombiano.

Con el fin de realizar un mejor manejo de las especies durante el desarrollo de la investigación se codificaron de la siguiente forma: **Luta**: *Lotus uliginosus* trópico alto; **Tdtm**: *Tithonia diversifolia* trópico medio; **Gstm**: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.1 Resultados análisis fisicoquímico de suelos

Los valores encontrados se resumen en la Tabla 5 donde se muestran los promedios obtenidos al analizar la composición química del suelo donde fueron recolectadas las tres especies investigadas.

Resultados Análisis Químico del suelo

Variable	Promedio por especie			EEM	Significancia entre especies
	Lotus uliginosus	Tithonia diversifolia	Gliricidia sepium		
pH	6,18c	4,76a	5,97b	0,92	*
Humedad%	28,84b	10,16a	9,96a	0,28	*
Ai%	0,24c	0,42b	0,31a	0,21	*
CE dS/m	0,23b	0,08a	0,09a	0,14	*
CO%	7,17b	2,26a	2,46a	0,12	*
MO%	12,36b	3,89a	4,24a	0,20	*
NT%	0,62b	0,19a	0,21a	0,01	*
CICmeq/100g	32b	28a	26a	0,00	*

Tabla 5. Resultados Análisis Químico del suelo

En la tabla 5 se describen los resultados de los análisis químico del suelo, se detalla el análisis realizado, el promedio por especie estudiada, el error estándar de la media y la significancia entre especies.

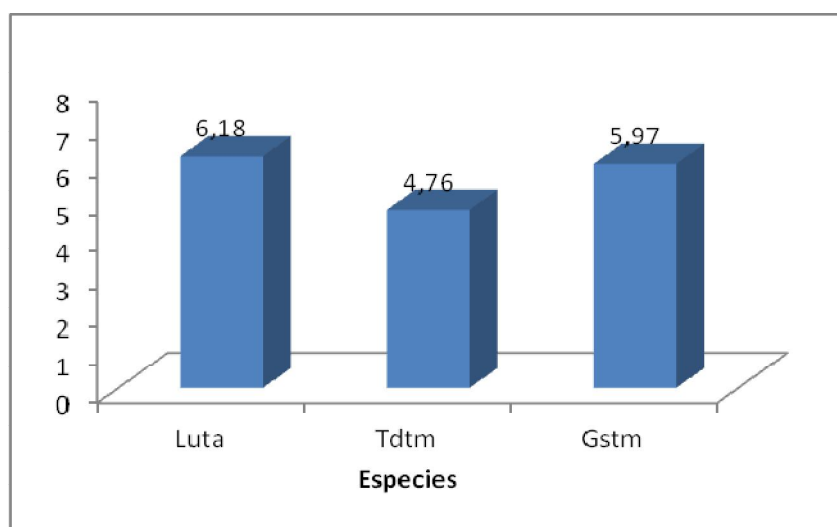
(pH)=pH, (Ai)=Acidez intercambiable, (CE)=Conductividad eléctrica, (CO)=Carbón orgánico, (MO)=Materia orgánica, (NT)=Nitrógeno total, (CIC)=Capacidad de Intercambio Catiónico.

Valores entre filas con distinta letra indican diferencia estadística ($P < 0,05$) para la prueba de rangos múltiples de Duncan. *=Diferencias significativas ($P < 0,05$); **=Diferencias altamente significativas ($P < 0,01$); ns= Diferencias no significativas ($P > 0,05$).

EEM: Error estándar de la media

3.1.1 pH Suelo (pH). Los promedios indican que el suelo donde se obtuvieron las muestras de Tdtm y Gstm fueron más ácidas con 4,76 y 5,97 respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, con una interpretación del resultado de muy fuertemente ácido para tdtm, medianamente ácido para Gstm, y con respecto a la muestra del suelo de Luta con 6,18 ligeramente ácido de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca. Lo cual demuestra la adaptabilidad de estas especies y la tolerancia a la acidez de los suelos.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



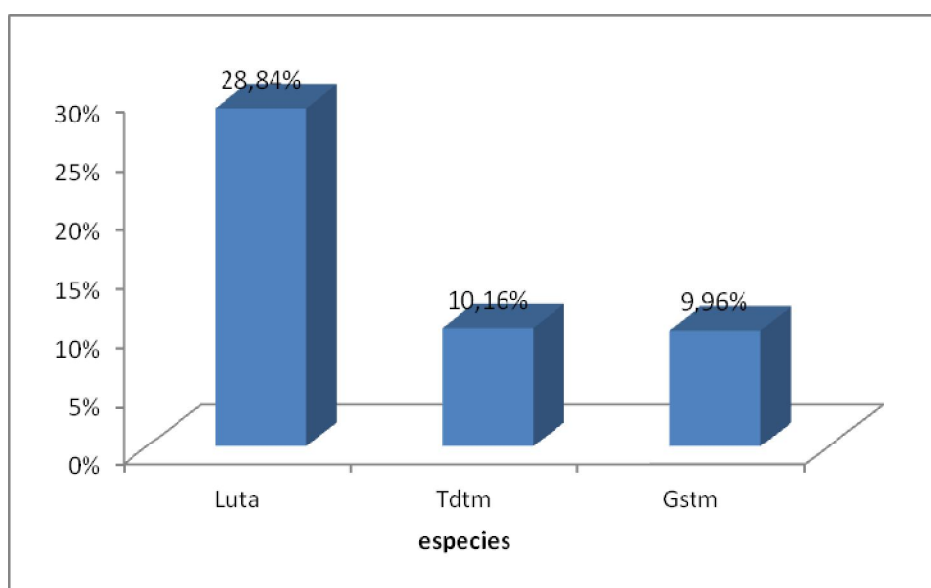
Gráfica 1. Promedio pH suelo

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.1.2 Humedad Suelo (H₂O). Los promedios indican que el suelo donde se obtuvieron las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron menor humedad con 10,16% y 9,96% respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, donde se presenta clima templado con respecto a

la muestra del suelo de Luta con 28,84% de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca, donde se presenta clima frio.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 2. Promedio Humedad suelo

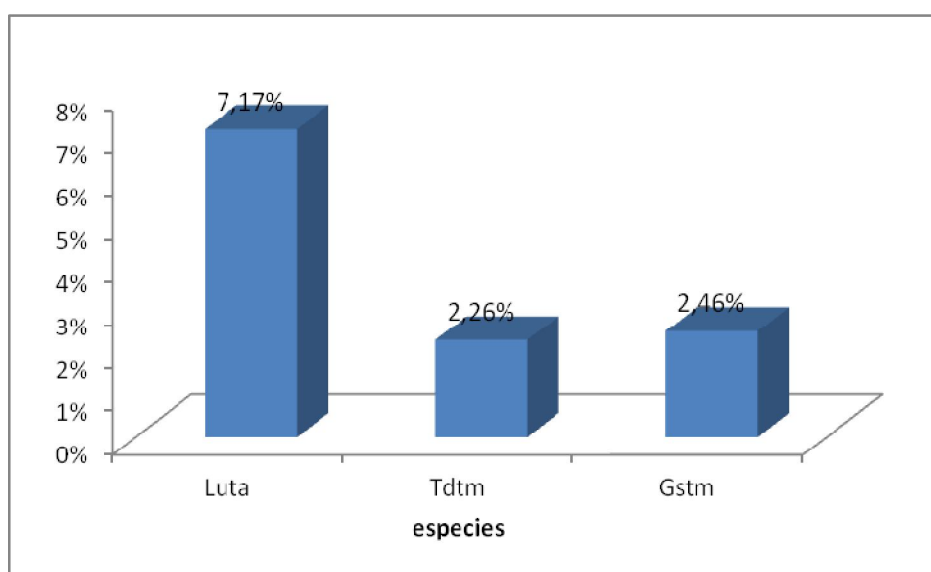
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.1.3 Carbón Orgánico Suelo (CO). El carbón orgánico se relaciona con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aumentando la CIC y la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH), que favorecen el desarrollo de los cultivos.

Los promedios indican que el suelo donde se obtuvieron las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron menor porcentaje de carbón orgánico con 2,26% y 2,46% respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, y según la interpretación de resultados (IGAC) este suelo contiene bajo carbón orgánico, con respecto a la muestra del suelo de Luta con

7,17% de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca obteniendo una mejor fertilidad del suelo, con apreciación media de carbón orgánico.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



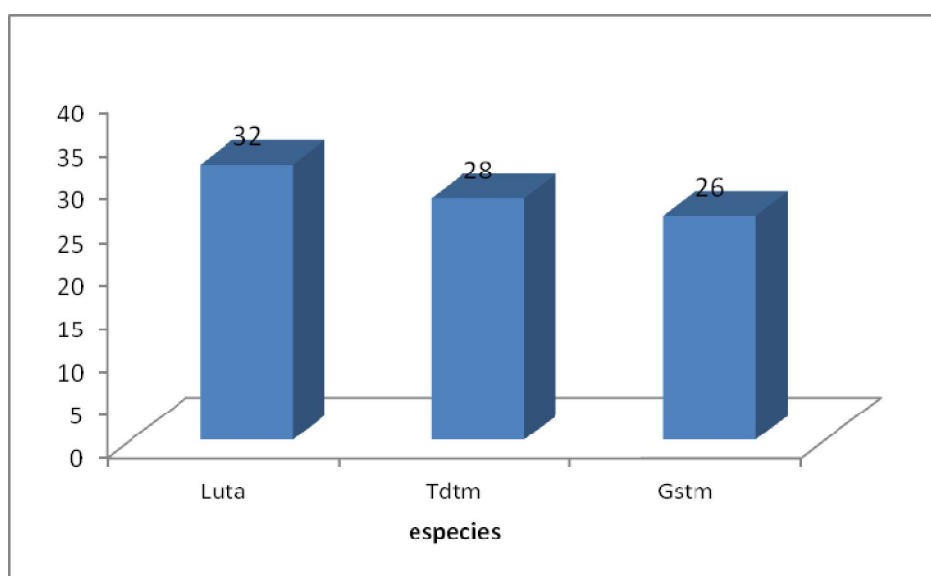
Gráfica 3. Promedio Carbón orgánico suelo
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.1.4 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC). La CIC, es una propiedad química del suelo estrechamente vinculada a su fertilidad, depende de los coloides inorgánicos (arcillas cristalinas, geles amorfos, óxidos y sesquióxidos de hierro y aluminio) y del contenido de materia orgánica del suelo. Los cationes retenidos en los coloides del suelo pueden ser reemplazados por otros cationes, esto significa que son intercambiables. Al número total de cationes de intercambio que un suelo puede retener (la magnitud de sus cargas negativas) o al número total de posiciones intercambiables, se les denomina Capacidad de Intercambio Catiónico.

Los promedios indican que el suelo donde se obtuvieron las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron menor porcentaje de CIC con 28 y 26 me/100g respectivamente;

las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, según la interpretación de resultados (IGAC) este suelo contiene alta CIC, con respecto a la muestra del suelo de Luta con 32 me/100g de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca, según la interpretación de resultados (IGAC) este suelo también contiene alta CIC.

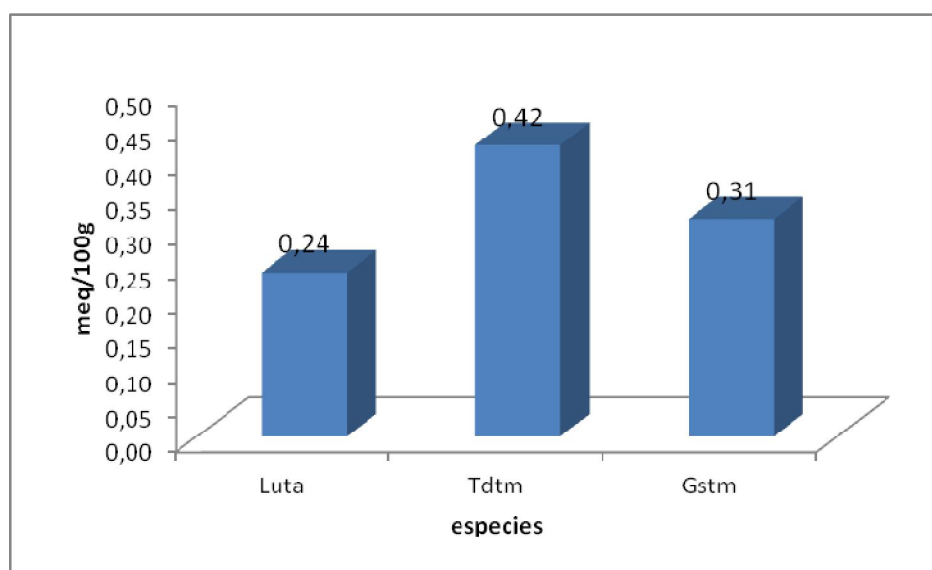
El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 4. Promedio Capacidad de Intercambio Catiónico suelo
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.1.5 Acidez intercambiable suelo (Ai). El aluminio es el principal componente de la acidez intercambiable que afecta el desarrollo de las plantas. Un pH neutro o poco ácido del suelo, entre 5 y 7, favorecerá la disponibilidad de la mayoría de nutrientes. Un pH muy bajo puede insolubilizar algunos nutrientes y movilizar al aluminio (Al^{3+}). El contenido excesivo de aluminio le dará un grado de toxicidad al suelo. (Avila, *et al.*, 2011). Los promedios indican que el suelo donde se obtuvieron las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron mayor concentración de Ai con 0,42 y 0,31 me/100g respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa

Cundinamarca Finca Orquídeas, con respecto a la muestra del suelo de Luta con 0,24 me/100g de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca. Mostrando una baja Ai en las tres muestras de suelo, con poca toxicidad por aluminio. El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).

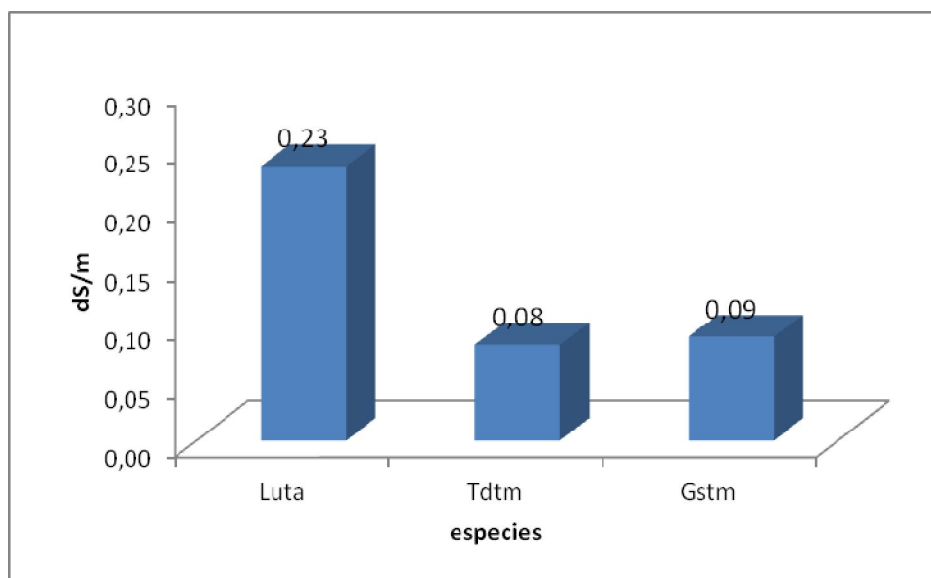


Gráfica 5. Acidez Intercambiable suelo

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.1.6 Conductividad Eléctrica Suelo (CE). La CE indica el índice de salinidad del suelo. Los promedios indican que el suelo donde se obtuvieron las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron menor CE con 0,08 dS/m y 0,09 dS/m respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, con respecto a la muestra del suelo de Luta con 0,23 dS/m de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca. Según la interpretación de resultados (IGAC) los suelos analizados contienen un porcentaje de sodio intercambiable inferior a 15%, poseen una salinidad normal, la saturación de aluminio es menor a 15%, por lo tanto no presentan limitante para cultivos susceptibles, y se aprecian con suelos sin problemas en general. El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias

de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).

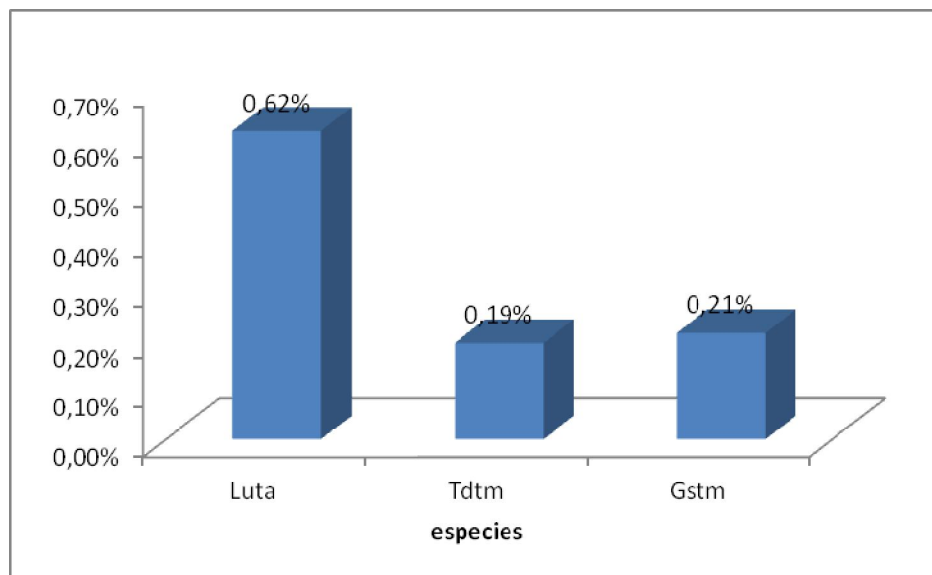


Gráfica 6. Promedio Conductividad Eléctrica suelo
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.1.7 Nitrógeno Total Suelo (NT). Es el elemento de mayor importancia que el vegetal toma del suelo, influye en la nutrición de las plantas como: componente de la molécula clorofila, de aminoácidos unidad estructural de las proteínas, moléculas de enzimas, vitaminas, hormonas y ácidos nucleicos, esencial en la utilización de carbohidratos, estimula el desarrollo y la actividad radicular. Los promedios indican que el suelo donde se obtuvieron las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron menor porcentaje de nitrógeno total con 0,19% y 0,21% respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, según la interpretación de resultados (IGAC) este suelo se aprecia con medio %NT, con respecto a la muestra del suelo de Luta con 0,62% de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca, apreciándose como suelo con alto contenido de %NT.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto

a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 7. Promedio Nitrógeno Total suelo

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.2 Resultados obtenidos análisis de forraje

Los valores encontrados se resumen en la Tabla 6 donde se muestran los promedios obtenidos al analizar la composición química de las tres especies investigadas, donde se obtuvo el mayor contenido de proteína cruda con (27,29%) en la especie *Lotus uliginosus*, además de obtener la cantidad más elevada de nitrógeno no proteico (1,33%), nitrógeno soluble con (0,92%), carbohidratos no estructurales con (23,39%) y fracción A de proteína con (30,46%). La especie *Tithonia diversifolia* obtuvo pH del forraje como neutro, un menor valor para FDA (19,50%) y el valor más alto para la fracción de proteína C con (30,13%). Sobresalió *Gliricidia sepium* debido a su fracción fibrosa con (37,23%), proteína soluble con (11,44%), y la fracción B de proteína con (44,05%).

Resultados Análisis Químico forraje

Variable	Promedio por especie			EEM	Significancia entre especies
	Lotus uliginosus	Tithonia diversifolia	Gliricidia sepium		
pH	6,10a	6,81b	6,25a	3,78	*
%PS	11,14a	10,24a	11,44a	0,38	ns
%NS	0,92a	0,82a	0,92a	0,04	ns
%NNP	1,33c	1,25b	1,13a	0,01	*
%PC	27,29b	25,83a	25,98a	0,10	*
%FDN	26,78a	27,07a	37,23b	0,60	*
%FDA	24,5b	19,5a	35,77c	0,71	*
%HC	2,27a	7,58b	1,47a	0,39	*
%CNE	23,39b	18,41a	20,7ab	0,71	*
%FR	3,38a	8,66b	16,54c	0,48	*
%PNNP	8,32c	7,81b	7,07a	0,05	*
%A	30,46b	30,24b	27,19a	1,94	*
%B	40,86a	39,63a	44,05a	0,05	ns
%C	28,68a	30,13a	28,76a	1,50	ns

Tabla 6. Resultados Análisis Químico forraje

En la tabla 6 se detallan los resultados de los análisis químicos del forraje, se describe el análisis realizado, el promedio por cada especie estudiada, el error estándar de la media y la significancia entre especies.

(**pH**)=pH, (**PS**)=Proteína Soluble, (**NS**)=Nitrógeno soluble, (**NNP**)=Nitrógeno No Proteico, (**PC**)=Proteína cruda, (**FDN**)= Fibra Detergente Neutra, (**FDA**)= Fibra Detergente Ácida, (**HC**)=Hemicelulosa, (**CNE**)=Carbohidratos No Estructurales, (**FR**)=Fibra Residual, (**PNNP**)=Proteína del Nitrógeno No Proteico, (**A**)=Fracción A, (**B**)=Fracción B, (**C**)=Fracción C.

Valores entre filas con distinta letra indican diferencia estadística ($P < 0,05$) para la prueba de rangos múltiples de Duncan.

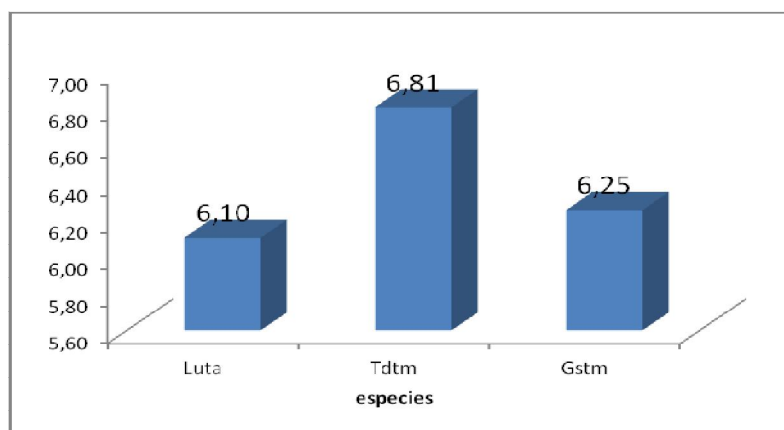
*=Diferencias significativas ($P < 0,05$); **=Diferencias altamente significativas ($P < 0,01$); ns= diferencias no significativas ($P > 0,05$).

EEM: Error estándar de la media

3.2.1 Análisis Químico Proximal

3.2.1.1 pH. Este indicador da un valor acerca de la acidez de las especies arbóreas. Los promedios muestran que el forraje de las muestras de Tdtm y Gstm indicaron ser neutro y ligeramente ácido con 6,81 y 6,25 respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, igualmente a la muestra de Luta con 6,10 ligeramente ácido de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca. El valor neutro que es el ideal se encontró en la especie Tdtm.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).

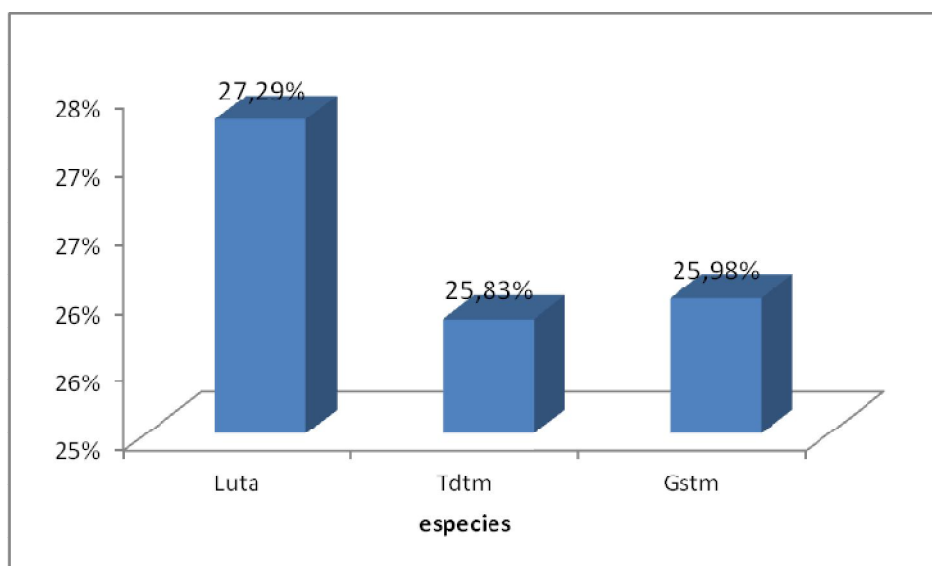


Gráfica 8. Promedio pH forraje

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.2.1.2 Proteína Cruda (PC). Las proteínas son compuestos orgánicos conformados por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos que intervienen en funciones vitales como el metabolismo, la contracción muscular o la respuesta inmunológica. Es así como se metabolizan en el rumen por medio de los microorganismos, y por desanimación fermentativa se produce dióxido de carbono, amoníaco y ácidos grasos de cadena corta. Los promedios expresan que el forraje de las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron resultados menores en el porcentaje de proteína cruda con 25,83% y 25,98% respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, con respecto a la muestra de Luta la cual obtuvo el mayor resultado con 27,29% de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca. Los datos encontrados son similares a los reportados por (Cárdenas, et al., 2011) con 28,1% para Luta, (Rosales, 1992) con 24,26% para Tdtm, y (Laredo, et al., 1990) con 24,9% para Gstm.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 9. Promedio Protéina Cruda forraje

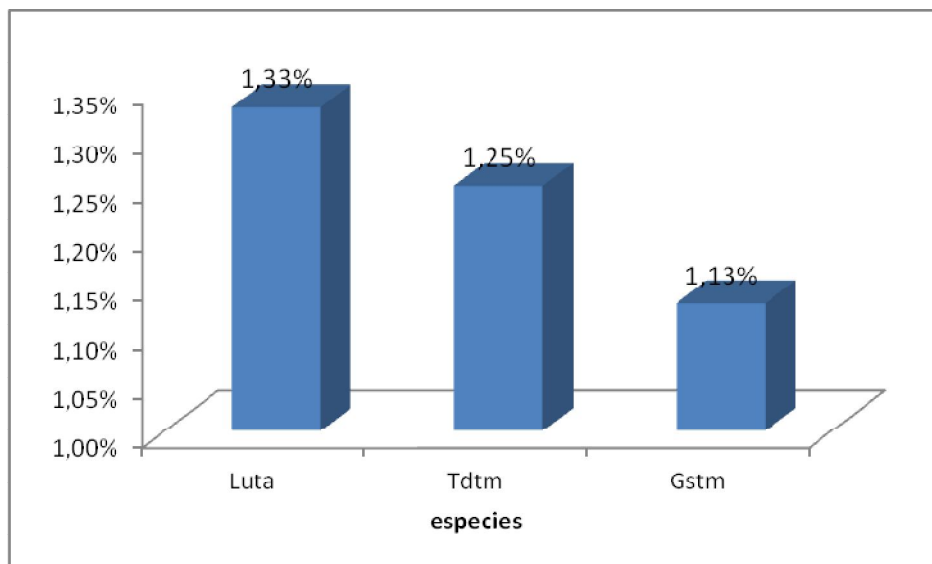
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.2.2 Análisis Químico de Van Soest

3.2.2.1 Nitrógeno No Proteico (NNP). La fracción A, está compuesta principalmente por nitrógeno no proteico, que es utilizado exclusivamente en forma de NH_3 (Guada, 1996). Los promedios manifiestan que el forraje de las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron resultados similares en el porcentaje de nitrógeno no proteico con 1,25% y 1,13% respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, con respecto a la muestra de Luta la cual obtuvo el mayor resultado con 1,33% de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca. Los datos encontrados son similares a los reportados para *M. oleífera* (2,60%), *M. alba* (1,40%). (García, *et al.*, 2006.).

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto

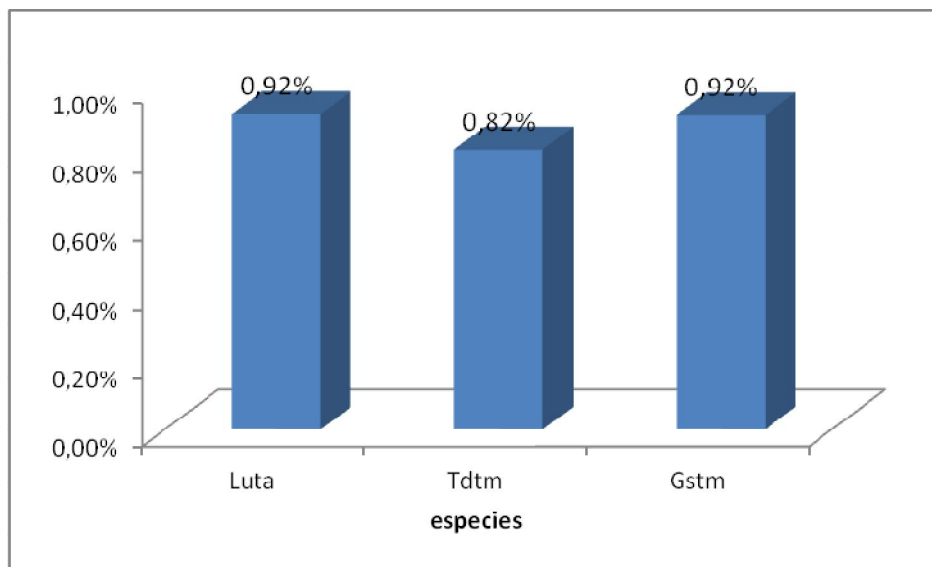
a la prueba Duncan se analizo medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 10. Promedio Nitrógeno No Proteico forraje
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.2.2.2 Nitrógeno soluble (NS). Corresponde al aporte de nitrógeno disponible para el crecimiento microbiano. Los promedios revelan que el forraje de las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron resultados similares en el porcentaje de nitrógeno soluble con 0,82% y 0,92% respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, con respecto a la muestra de Luta con 0,92% de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca. Las especies Luta y Gstm obtuvieron los resultados mayores de %NS.

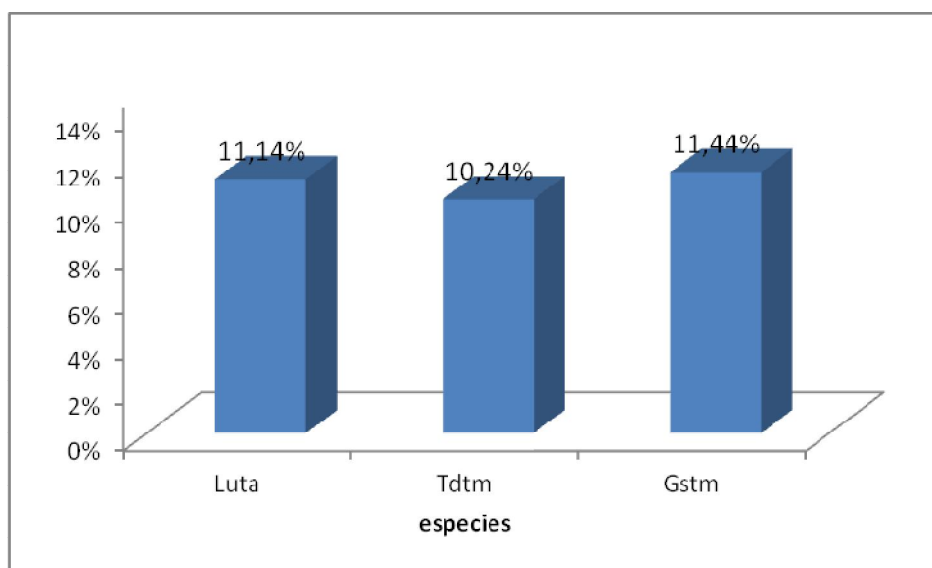
El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias no significativas ($P > 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan realizada por especies se analizo medidas en una columna con letras iguales, indicando diferencia no significativa ($P > 0,05$).



Gráfica 11. Promedio Nitrógeno Soluble forraje
 Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.2.2.3 Proteína soluble (PS). La proteína soluble hace parte del fraccionamiento de A y B1, es la proteína que es absorbida en el rumen y los aminoácidos se liberan prácticamente en su totalidad (Chamorro, 2002). Los promedios exponen que el forraje de las muestras de Tdtm y Gstm obtuvieron resultados similares en el porcentaje de proteína soluble con 10,24% y 11,44% respectivamente; las cuales corresponden al municipio de La Mesa Cundinamarca Finca Orquídeas, con respecto a la muestra de Luta con 11,14% de la granja Marengo del municipio de Mosquera Cundinamarca. El valor más alto de %PS fue para la especie Gstm.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias no significativas ($P > 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan realizada por especies se analizaron medidas en una columna con letras iguales, indicando diferencia no significativa ($P > 0,05$).



Gráfica 12. Promedio Proteína Soluble forraje
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.3 Fraccionamiento de Proteína

A continuación se realiza la comparación entre las fracciones de las 3 especies trabajadas, como ventaja del fraccionamiento de la proteína se destaca el aporte de nitrógeno utilizable por los microorganismos en forma de NH_3 , péptidos o aminoácidos, así como la proteína que se escapa sin ser degradada, de acuerdo a su ritmo de degradación (kd) y de paso (kp). En esta investigación no se cuantificó las constantes de degradación (kd) para la fracción B. En la tabla 7 se indican los valores obtenidos para cada fracción en general, observándose contrastantes en la mayoría de las fracciones.

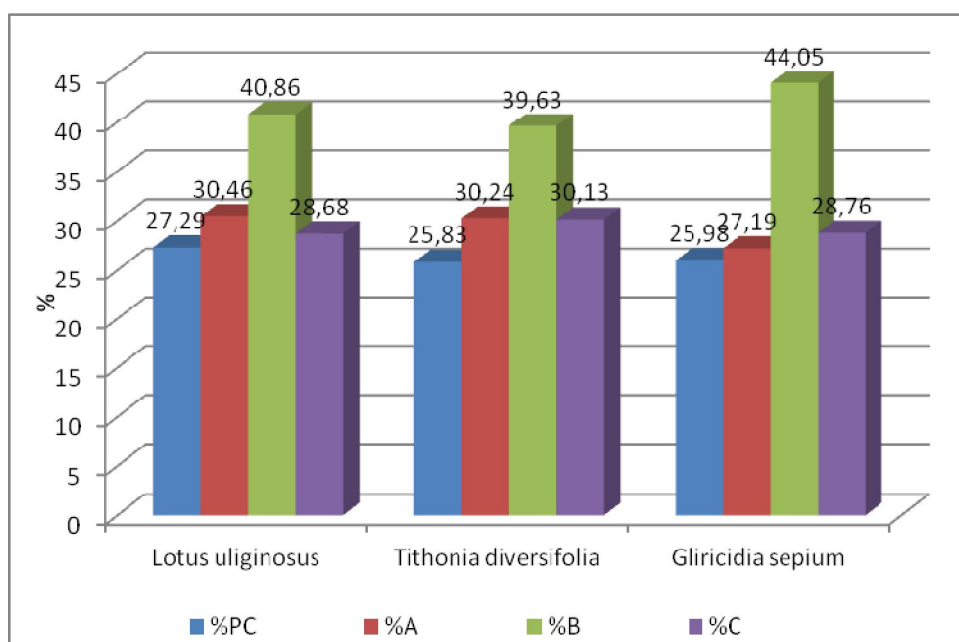
Valores Análisis de Fraccionamiento de Proteína

Variable	Promedio por especie		
	<i>Lotus uliginosus</i>	<i>Tithonia diversifolia</i>	<i>Gliricidia sepium</i>
%PC	27,29	25,83	25,98
%A	30,46	30,24	27,19
%B	40,86	39,63	44,05
%C	28,68	30,13	28,76

Tabla 7. Valores Análisis de Fraccionamiento de Proteína

En la tabla 7 se presenta los resultados obtenidos en promedio por especie para el porcentaje de proteína cruda, y fracciones A, B y C halladas en laboratorio.

Los valores de PC (proteína cruda) se encuentran en un rango aceptable de acuerdo a la literatura, el mayor valor para PC fue para *Lotus uliginosus* con 27,29%. La especie de mayor contenido de **NNP** fracción **A** fue *Lotus uliginosus* con 30,46%. Con respecto a la fracción **B** que incluye (proteína B1 proteína verdadera soluble, B2 proteína lentamente degradable y B3 proteína de paso), en general con respecto a la fracción B obtuvo el mayor valor *Gliricidia sepium* con 44,05% seguida de *Lotus uliginosus* con 40,86% y por último *Tithonia diversifolia* con 39,63%. En cuanto a la fracción que no se utiliza en ningún compartimiento del tracto gastrointestinal es la fracción **C**, en esta los valores de las especies fluctuaron entre 28,68% como menor valor para *Lotus uliginosus*, seguido con 28,76% para *Gliricidia sepium* y el mayor valor obtenido 30,13 para *Tithonia diversifolia*, esto tal vez debido a la edad de la planta (ver gráfica 13).



Gráfica 13. Fraccionamiento de Proteínas forraje

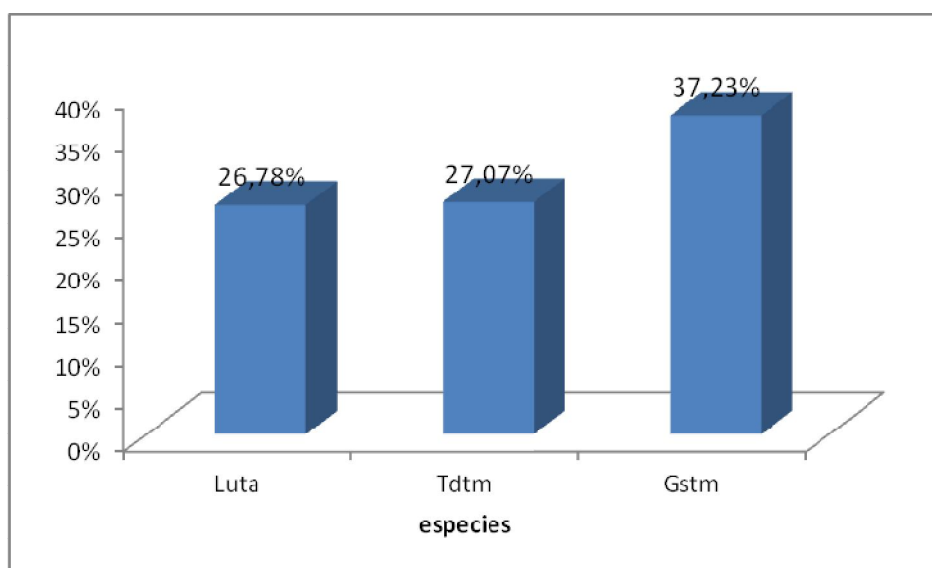
3.4 Fraccionamiento de Carbohidratos

En esta investigación no se cuantificó el fraccionamiento de carbohidratos como tal, pero se realizaron los análisis correspondientes para su determinación.

3.4.1 Fibra Detergente Neutra (FDN). Corresponde a la pared celular de los forrajes (celulosa, hemicelulosa y lignina) la cual se relaciona con la rumia, el consumo voluntario y eficiencia del alimento, al aumentar el valor de FDN, el consumo del forraje disminuye. Los promedios hallados indican que el forraje de la muestra Gstm obtuvo resultados mayores en el porcentaje de FDN con 37,23%, con respecto a las muestras de Tdtm y Luta con 27,07% y 26,78% respectivamente, por lo tanto su consumo puede ser un poco menor.

Los datos encontrados son similares a los reportados por (Cárdenas, et al., 2011) con 29,4% para Luta, (Rosales, 1992) con 23% para Tdtm, y (Vadiveloo, et al., Cuesta, 1992) con 39,1% para Gstm.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 14. Promedio FDN forraje

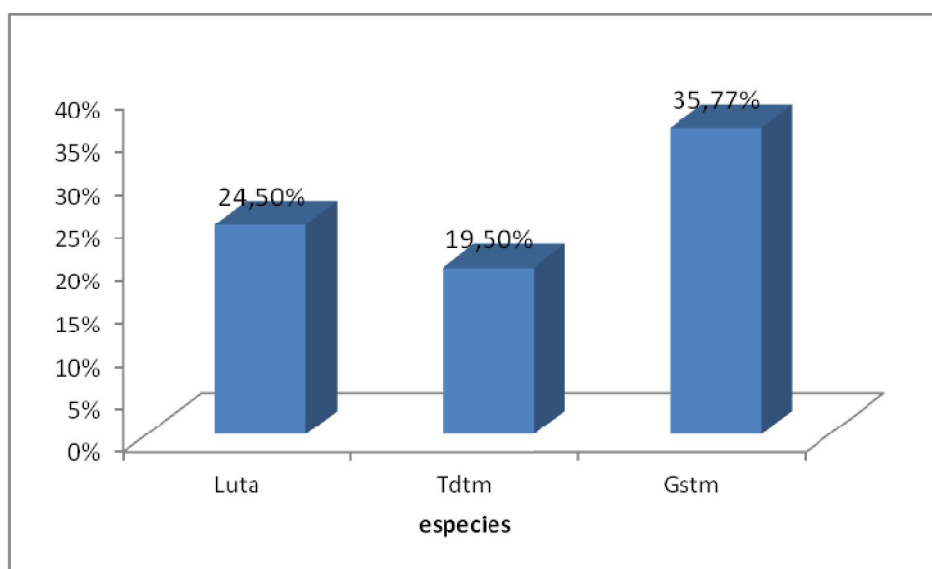
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.4.2 Fibra Detergente Acida (FDA). Se relaciona con la fracción no digestible del forraje y es un factor importante en el cálculo del contenido energético del alimento, corresponde al contenido de celulosa y lignina. A medida que aumenta el valor de FDA, se disminuye la digestibilidad del alimento, por lo tanto su estudio predice la digestibilidad del alimento y la energía que produce.

Los promedios muestran que el forraje de la muestras Gstm obtuvo resultados mayores en el porcentaje de FDA con 35,77%, con respecto a las muestras de Tdtm y Luta con 19,50% y 24,50% respectivamente, por lo tanto la digestibilidad de Gstm puede ser menor.

Los datos encontrados son similares a los reportados por (Cárdenas, *et al.*, 2011) con 19,8% para Luta, (Rosales, 1992) con 30,4% para Tdtm, e inferiores a (Laredo *et al.*, 1990) con 27,6% para Gstm.

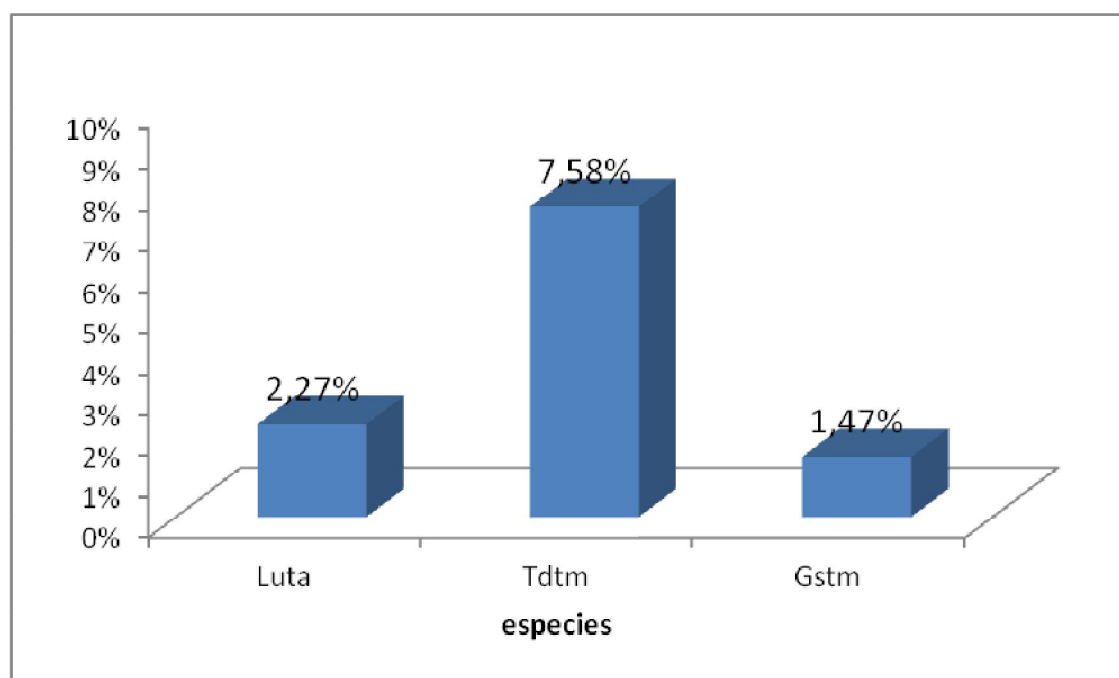
El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 15. Promedio FDA forraje

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.4.3 Hemicelulosa (HC). Las hemicelulosas son heteropolisacáridos formados por monómeros de carbohidratos como hexosas (D-glucosa, D-manosa, D-galactosa), pentosas (D-xilosa, L-arabinosa), deoxihexosas (L-ramnosa), y ácidos urónicos (D-ácido glucurónico, 4-O-metil-D-ácido glucurónico). Por ser altamente ramificadas y poseer tantos grupos polares en los diversos azúcares, las hemicelulosas son fácilmente solubles en agua. Algunos investigadores han propuesto que las hemicelulosas, en asociación con la celulosa, influyen la organización de la lignina. (Segura, *et al.*, 2007). Los promedios exponen que el forraje de la muestra Tdtm obtuvo resultados mayores en el porcentaje de HC con 7,58%, con respecto a las muestras de Luta y Gstm con 2,27% y 1,47% respectivamente, esto puede estar relacionado con la edad de la planta, la cual aumenta su valor de hemicelulosa. El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).

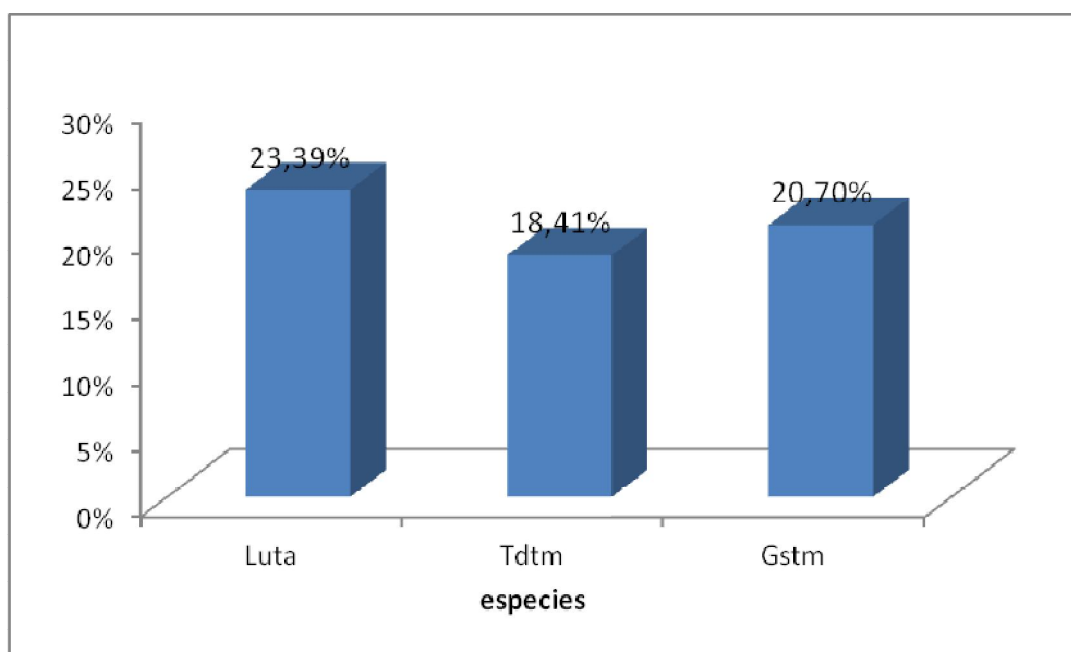


Gráfica 16. Promedio HC forraje

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.4.4 Carbohidratos No Estructurales (CNE). Estos se constituyen la energía de reserva para el rebrote de las plantas, y varían en función de la edad de rebrote de las mismas. Se localizan preferentemente en las raíces y tallos basales, tratándose principalmente de monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (sacarosa y maltosa) y polisacáridos como almidones y fructosanas (Correa, H., 2010). Los promedios revelan que el forraje de las muestras Tdtm y Gstm obtuvieron resultados menores en el porcentaje de CNE con 18,41% y 20,70%, con respecto a las muestras de Luta con 23,39%.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 17. Promedio CNE forraje

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.5 Variables fitometabolitos, tamizaje químico

Se realizaron análisis químicos antinutricionales de 7 grupos de metabolitos secundarios, mediante la utilización de pruebas cuantitativa y cualitativas, donde se detectaron altos contenidos de PFT,TC,THS en la especie *Lotus uliginosus*, se determino cualitativamente en las tres especies saponinas y fenoles, obteniendo que no hubo presencia de saponinas en las especies evaluadas y con respecto a los fenoles hubo presencia en las tres especies de fenoles tipo catecol (flavonoides o taninos concentrados), en cuanto a los alcaloides se determino cualitativamente y cuantitativamente hallando poca presencia de estos en las especies investigadas. Estos análisis químicos presentan cierta actividad biológica por su posible acción antinutricional en el sistema digestivo de los herbívoros, pero también pueden ocasionar efectos beneficiosos en el animal. A continuación se muestra la tabla de resultados.

Grupos de metabolitos secundarios presentes en las especies evaluadas.

Variable	Promedio por especie			EEM	Significancia entre especies
	<i>Lotus uliginosus</i>	<i>Tithonia diversifolia</i>	<i>Gliricidia sepium</i>		
%PFT	0,13b	0,02a	0,03a	0,16	*
%THS	0,4b	0,04a	0,07a	0,78	*
g/Kg TC	45,00b	13,50a	13,93a	1,94	*
%TPP	0,89b	0,75a	0,88b	1,63	*
%Alcaloides	0,02a	0,02a	0,03b	0,05	*
Fenoles	+	+	+		
Saponinas	-	-	-		

Tabla 8. Grupos de metabolitos secundarios presentes en las especies evaluadas.

En la tabla8 se detallan los resultados de los análisis antinutricional del forraje, se describe el análisis realizado, el promedio por cada especie estudiada, el error estándar de la media y la significancia entre especies.

(PFT)=Polifenoles Totales, (THS)=Taninos Hidrolizables, (TC)=Taninos condensados, (TPP)=Taninos que precipitan proteína.

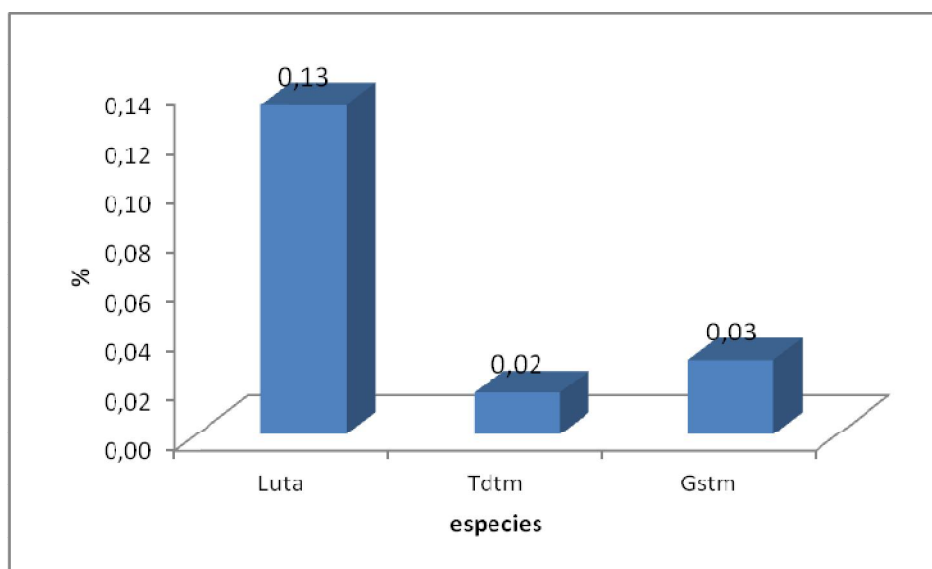
Valores entre filas con distinta letra indican diferencia estadística ($P < 0,05$) para la prueba de rangos múltiples de Duncan. *=Diferencias significativas ($P < 0,05$); **=Diferencias altamente significativas ($P < 0,01$); ns= diferencias no significativas ($P > 0,05$). +presencia leve; - ausencia.

EEM: Error estándar de la media

3.5.1 Polifenoles Totales (PFT).

Los polifenoles totales están relacionados con el crecimiento, reproducción, aroma, sabor y color de las especies vegetales. Los promedios indican que el forraje de las muestras Tdtm y Gstm obtuvieron resultados menores en el porcentaje de PFT con 0,02% y 0,03% respectivamente, con respecto a las muestras de Luta con 0,13%. Los datos encontrados son similares a los reportados por (Rev. Inv. Agraria,2010) con 0,04% para Tdtm, y con 0,05% para Gstm.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 18. Promedio PFT forraje

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

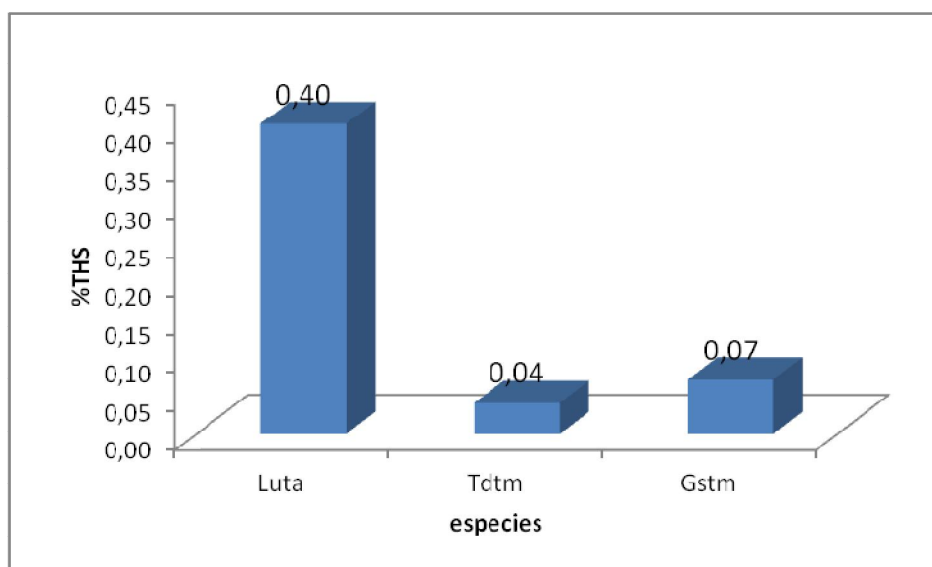
3.5.2 Taninos Hidrolizables (THS).

Los taninos hidrolizables se encuentran en los alimentos como el té, café y vino. Son más solubles en agua que los condensados y pueden ser desdoblados bajo condiciones enzimáticas o ácidas a monosacáridos (glucosa) y ácido gálico

(galotaninos) o egálico (elagitaninos). El ácido tánico comercialmente disponible consiste principalmente de taninos hidrolizables.(Posada, S., *et al.*,2006)

Los promedios muestran que el forraje de las muestras Tdtm y Gstm obtuvieron resultados menores en el porcentaje de THS con 0,04% y 0,07% respectivamente, con respecto a las muestras de Luta con 0,40%, lo cual corrobora lo expuesto en literatura que son menos comunes en la naturaleza (García, *et al.*, 2006).

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 19. Promedio THS forraje

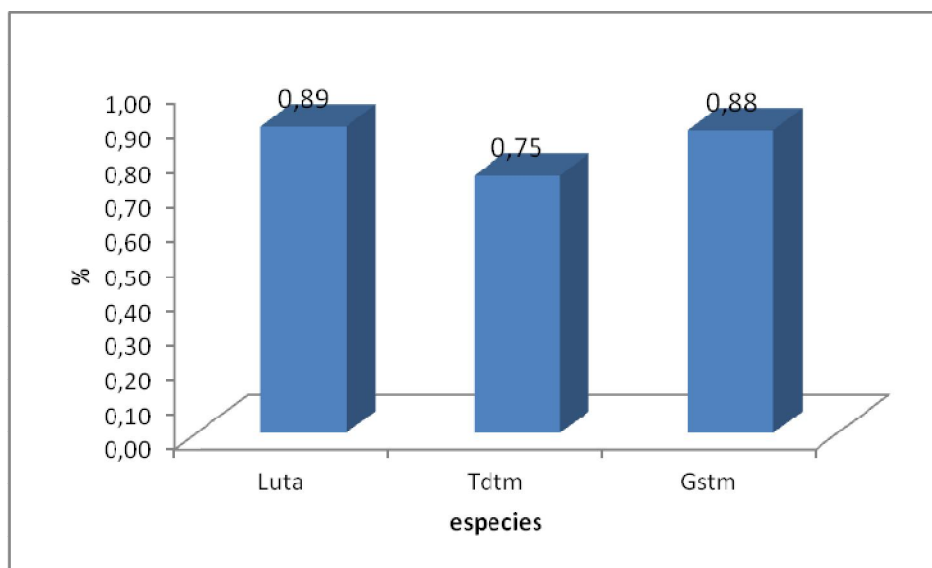
Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.5.3 Taninos que Precipitan Proteína (TPP).

La propiedad de precipitar proteínas que presentan los taninos, es porque estos compuestos actúan como defensa ante los predadores, lo cual se relaciona con la impalatabilidad que generan los taninos, así como también la disminución de la digestibilidad de las proteínas dietarias (Ricco, *et al.* 2002). Con respecto a las concentraciones de TPP los promedios exponen que el forraje de las muestras

Tdtm y Gstm obtuvieron resultados similares en el porcentaje de TPP con 0,75% y 0,88% respectivamente, con respecto a las muestras de Luta con 0,89%, Los valores obtenidos corresponden a los reportados para A. indica con 0,80%, F. carica con 0,79% y M. oleífera 0,90% (García, 2006); en dicha investigación se afirma que las concentraciones de TPP son inferiores a los niveles en los cuales la cantidad de compuestos simples, pueden causar trastornos fisiológicos en los rumiantes.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 20. Promedio TPP forraje

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

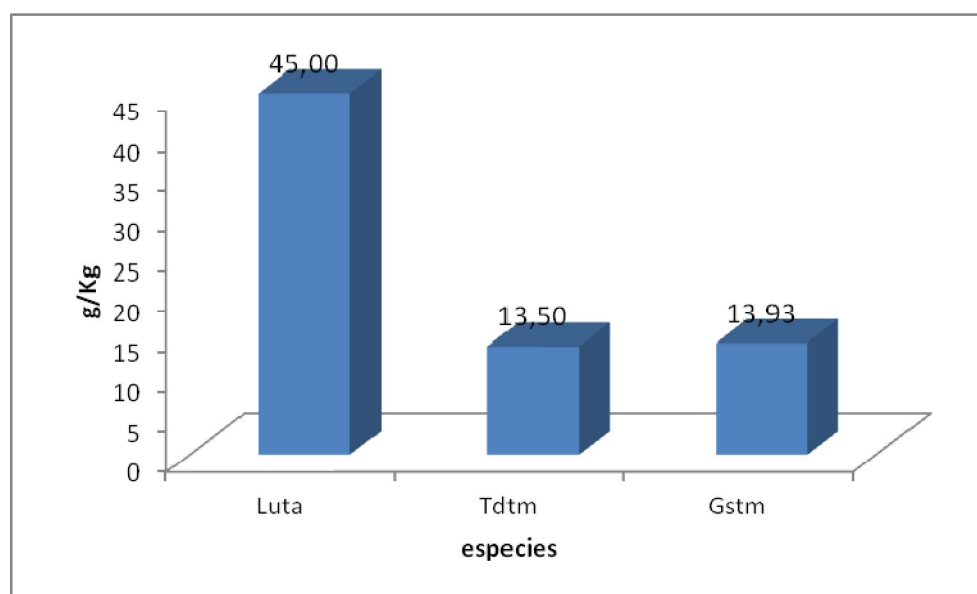
3.5.4 Taninos Condensados (TC).

Los promedios revelan que el forraje de las muestras Tdtm y Gstm obtuvieron resultados menores en el porcentaje de TC con 13,5 g/Kg y 13,93 g/Kg respectivamente, con respecto a las muestras de Luta con 45,0 g/Kg, siendo similar a lo reportado en literatura donde se afirma que *L. uliginosus* varía su contenido de

20 a 40 g/Kg/MS, siendo este nivel benéfico para los rumiantes al prevenir el timpanismo y proteger la proteína dietética de ser degradada en el rumen por bacterias proteolíticas, lo que a su vez determina que haya proteína sobrepasante, que es digerida y absorbida a nivel del intestino delgado (Cárdenas, *et al.* 2011). Este estudio demuestra que la especie *Lotus* contiene un alto contenido de taninos condensados, según investigaciones realizadas, se concluye que el *L. uliginosus* se podría incluir en la dieta de los rumiantes que pastorean kikuyo en bajas proporciones (30%) sin efectos negativos, pero mayores inclusiones reducirían la digestibilidad de la dieta debido al efecto de los taninos. (Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2007).

Los valores obtenidos corresponden a los reportados para *Acacia aneura* con 12,5 (g/Kg) y *Gliricidia sepium* 17 (g/Kg). (García, 2006), aunque nd (no determinados) para *Tithonia diversifolia*.

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



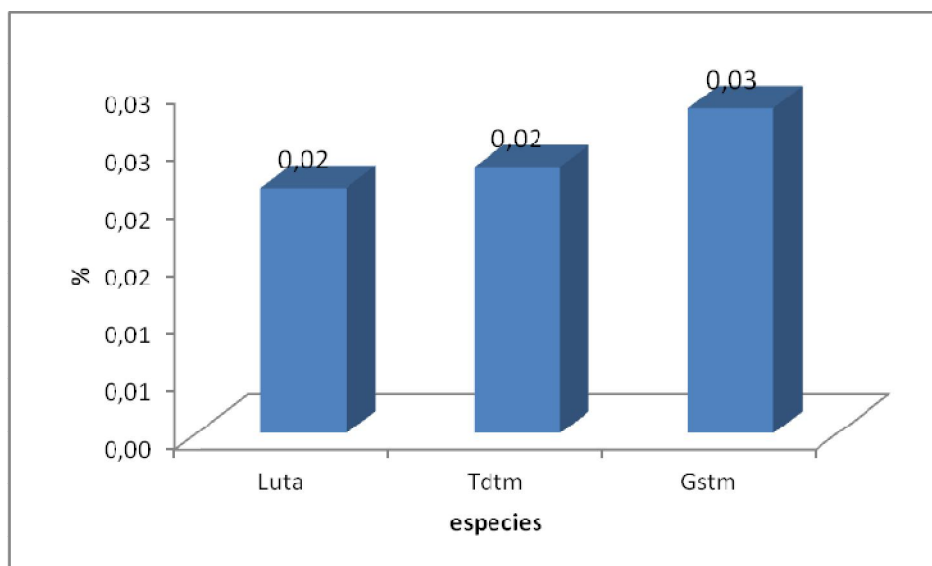
Gráfica 21. Promedio TC forraje

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.5.5 Alcaloides (ALC).

Desde el punto de vista de la toxicidad, los alcaloides son, sin duda, el principal compuesto no nutritivo de las plantas. Los promedios manifiestan que el forraje de las muestras Tdtm y Gstm obtuvieron resultados similares en el porcentaje de ALC con 0,02% y 0,03% respectivamente, los cuales corresponden a trópico medio, con respecto a las muestras de Luta con 0,02% que corresponde a trópico alto, lo que demuestra que hubo presencia en las tres especies, resultados que apoyan investigaciones con relación a los compuestos alcaloidales se encuentran en la mayoría de los organismos vegetales (García *et al.*, 2006). Los valores obtenidos son menores a los reportados para A. indica 0,12% y M. Alba 0,10%. (García *et al.*, 2006).

El análisis de varianza muestra que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los promedios de las medias de las especies trabajadas. En cuanto a la prueba Duncan se analizaron medidas en una fila con diferente letra, indicando diferencia estadística ($P < 0,05$).



Gráfica 22. Promedio Alcaloides forraje

Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia diversifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

3.6 Resultados Correlación Especies Estudiadas

3.6.1 Resultados correlación suelo vs *Lotus uliginosus*



Figura 16. Resultados correlación suelo vs *Lotus uliginosus*

Fuente: autor, 2012.

En la figura 16 se muestran los resultados de correlación del suelo vs *Lotus uliginosus*. Algunos resultados tuvieron correlación positiva y/o negativa.

Con el fin de relacionar el efecto entre los análisis realizados con respecto a los resultados químicos del suelo y los valores obtenidos de las diferentes análisis realizados a la muestra de forraje en el estudio de esta investigación, se realizó correlación obteniendo los siguientes resultados:

Correlación *Lotus uliginosus* suelo vs Fisicoquímico

Lotus uliginosus
suelo vs FQ

	pH	AI	CE	CO	CIC	PH	PC
pH	1,00						
AI	0,00	1,00					
CE	-0,87	-0,50	1,00				
CO	0,06	1,00	-0,55	1,00			
CIC					1,00		
PH	1,00	0,00	-0,87	0,06		1,00	
PC	-0,98	-0,19	0,94	-0,24		-0,98	1,00

Tabla 9. Correlación *Lotus uliginosus* suelo vs Fisicoquímico

La relación entre suelo y los análisis fisicoquímicos realizados en el forraje muestran que es muy positiva para pH del forraje (+1,00) es decir, el contenido de pH del suelo y del forraje están relacionados positivamente, y una relación muy negativa para proteína cruda con (-0,98) (Tabla 9), esto significa que cuando cambia el pH del forraje se afecta la proteína del forraje. Así mismo la correlación de acidez intercambiable del suelo y proteína cruda del forraje fue negativa (-0,19). Además la conductividad eléctrica presento una relación negativa con respecto al pH del forraje (-0,87), y muy positiva para proteína del forraje (+0,94).

Correlación *Lotus uliginosus* suelo vs Van Soest

Lotus uliginosus
suelo vs Van Soest

	ph	AI	CE	CO	CIC	NNP	FDN	FDA	A	B	C
ph	1,00										
AI	0,00	1,00									
CE	-0,87	-0,50	1,00								
CO	0,06	1,00	-0,55	1,00							
CIC					1,00						
NNP	-0,76	0,65	0,33	0,61		1,00					
FDN	-0,71	0,71	0,26	0,67		1,00	1,00				
FDA	-0,02	1,00	-0,48	1,00		0,67	0,72	1,00			
A	0,12	0,99	-0,60	1,00		0,56	0,62	0,99	1,00		
B	0,90	-0,43	-0,57	-0,38		-0,96	-0,94	-0,45	-0,32	1,00	
C	-0,94	0,35	0,64	0,29		0,94	0,91	0,37	0,23	-1,00	1,00

Tabla 10. Correlación *Lotus uliginosus* suelo vs Van Soest

La relación entre suelo y los análisis de Van Soest realizados en el forraje muestran que hay una relación negativa entre pH del suelo y NNP (-0,76) y FDN (-0,71), como puede observarse en la (tabla 10), esto debido tal vez al estado de madurez de la planta, y contrariamente la acidez intercambiable tuvo una relación positiva con NNP (+0,65), FDN (+0,71) y FDA (+1,00), así mismo conductividad eléctrica (CE) se relaciono positivamente con NNP (+0,33) y FDN (+0,26), negativamente con FDA (-0,48); el carbón orgánico (CO) también se relaciono positivamente con NNP (+0,61), FDN (+0,67) y FDA (+1,00).

Correlación *Lotus uliginosus* suelo vs Factores Antinutricionales

Lotus uliginosus
suelo vs FAN

	ph	AI	CE	CO	CIC	PFT	TPP	THS	TC	ALC
ph	1,00									
AI	0,00	1,00								
CE	-0,87	-0,50	1,00							
CO	0,06	1,00	-0,55	1,00						
CIC					1,00					
PFT	0,60	-0,80	-0,11	-0,77		1,00				
TPP	0,68	-0,74	-0,22	-0,70		0,99	1,00			
THS	0,62	0,79	-0,93	0,82		-0,26	-0,16	1,00		
TC	0,19	0,98	-0,65	0,99		-0,68	-0,60	0,89	1,00	
ALC	0,26	0,96	-0,71	0,98		-0,62	-0,53	0,92	1,00	1,00

Tabla 11. Correlación *Lotus uliginosus* suelo vs Factores Antinutricionales

La relación entre suelo y los factores antinutricionales realizados en el forraje muestran que hay una relación positiva entre pH del suelo y PFT (+0,60), TPP (+0,68), THS (+0,62), TC (+0,19) y ALC (+0,26). La acidez intercambiable tuvo una relación negativa con PFT (-0,80) y TPP (-0,74) y de forma positiva con THS (+0,79), TC (+0,98), y ALC (+0,96). También carbón orgánico (CO) tuvo una relación negativa con PFT (-0,77) y TPP (-0,70) y se relaciono de manera muy positiva con THS (+0,82), TC (+0,99) y ALC (+0,98), como puede apreciarse en la (tabla 11).

3.6.2 Resultados correlación suelo vs *Tithonia diversifolia*

Con respecto a la especie *Tithonia diversifolia* se concluye que:



Figura 17. Resultados correlación suelo vs *Tithonia diversifolia*

Fuente: autor,2012.

En la figura 17 se muestran los resultados de correlación del suelo vs *Tithonia diversifolia*. Algunos resultados tuvieron correlación positiva y/o negativa.

Con el fin de relacionar el efecto entre las variables medidas con respecto a los resultados químicos del suelo y los valores obtenidos de las diferentes análisis realizados a la muestra de forraje en el estudio de esta investigación, se realizó correlación obteniendo los siguientes resultados:

Correlación *Tithonia diversifolia* suelo vs Fisicoquímico

Tithonia diversifolia

suelo vs FQ

	ph	AI	CE	CO	CIC	PH	PC
ph	1,00						
AI		1,00					
CE	-0,50		1,00				
CO	-0,48		-0,52	1,00			
CIC					1,00		
PH	0,25		0,71	-0,97		1,00	
PC	-0,21		-0,74	0,96		-1,00	1,00

Tabla 12. Correlación *Tithonia diversifolia* suelo vs Fisicoquímico

La relación entre suelo y los análisis fisicoquímicos realizados en el forraje muestran que es positiva para pH del forraje (+0,25) es decir, el contenido de pH del suelo y del forraje están relacionados positivamente, y se encontró una relación negativa para proteína cruda con (-0,21) (Tabla 12), esto significa que cuando cambia el pH del suelo se afecta la proteína del forraje. Así mismo la correlación de conductividad eléctrica del suelo fue negativa para proteína del forraje (-0,74) y positiva para el pH del forraje (+0,71); con respecto a carbón orgánico tuvo una relación muy negativa para pH (-0,97) y muy positiva para proteína del forraje (+0,96).

Correlación *Tithonia diversifolia* suelo vs Van Soest

Tithonia diversifolia

suelo vs Van Soest

	ph	AI	CE	CO	CIC	NNP	FDN	FDA	A	B	C
ph	1,00										
AI		1,00									
CE	-0,50		1,00								
CO	-0,48		-0,52	1,00							
CIC					1,00						
NNP	0,87		-0,87	0,03		1,00					
FDN	0,29		-0,97	0,71		0,73	1,00				
FDA	-0,48		-0,52	1,00		0,02	0,70	1,00			
A	1,00		-0,54	-0,44		0,89	0,33	-0,45	1,00		
B	0,46		0,54	-1,00		-0,04	-0,72	-1,00	0,42	1,00	
C	-0,60		-0,39	0,99		-0,12	0,59	0,99	-0,57	-0,99	1,00

Tabla 13. Correlación *Tithonia diversifolia* suelo vs Van Soest

La relación entre suelo y los análisis de Van Soest realizados en el forraje muestran que hay una relación positiva entre pH del suelo y NNP (+0,87) y FDN (+0,29), negativa con FDA (-0,48), como puede apreciarse en la (tabla 13), y contrariamente la conductividad eléctrica (CE) se relaciono negativamente con NNP (-0,87), FDN (-0,97) y FDA (-0,52); con respecto y carbón orgánico (CO) se relaciono positivamente con NNP (+0,03), FDN (+0,71) y FDA (+1,00).

Correlación *Tithonia diversifolia* suelo vs Factores Antinutricionales

Tithonia diversifolia

suelo vs FAN

	ph	AI	CE	CO	CIC	PFT	TPP	THS	TC	ALC
ph	1,00									
AI		1,00								
CE	-0,50		1,00							
CO	-0,48		-0,52	1,00						
CIC					1,00					
PFT	-1,00		0,50	0,48		1,00				
TPP	0,76		0,19	-0,94		-0,76	1,00			
THS								1,00		
TC	0,00		0,87	-0,88		0,00	0,65		1,00	
ALC	0,85		-0,88	0,05		-0,85	0,30		-0,52	1,00

Tabla 14. Correlación *Tithonia diversifolia* suelo vs Factores Antinutricionales

La relación entre suelo y los factores antinutricionales realizados en el forraje muestran que se presento una relación positiva entre pH del suelo y TPP (+0,76) y ALC (+0,85) y muy negativa con PFT (-1,00). La conductividad eléctrica (CE) tuvo una relación muy positiva con TC (+0,87) y muy negativa con ALC (-0,88). También carbón orgánico (CO) tuvo una relación muy negativa con TC (-0,88) y con TPP (-0,94), como puede apreciarse en la (tabla 14).

3.6.3 Resultados correlación suelo vs *Gliricidia sepium*



Figura 18. Resultados correlación suelo vs *Gliricidia sepium*

Fuente: autor, 2012.

En la figura 18 se muestran los resultados de correlación del suelo vs *Gliricidia sepium*. Algunos resultados tuvieron correlación positiva y/o negativa.

Con el fin de relacionar el efecto entre las variables medidas con respecto a los resultados químicos del suelo y los valores obtenidos de las diferentes análisis realizados a la muestra de forraje en el estudio de esta investigación, se realizó correlación obteniendo los siguientes resultados:

Correlación *Gliricidia sepium* suelo vs Fisicoquímico

Gliricidia sepium

suelo vs FQ

	ph	AI	CE	CO	CIC	PH	PC
ph	1,00						
AI	-0,50	1,00					
CE	0,00	0,00	1,00				
CO	0,99	-0,60	0,00	1,00			
CIC					1,00		
PH	-0,69	0,97	0,00	-0,78		1,00	
PC	-0,29	0,97	0,00	-0,41		0,89	1,00

Tabla 15. Correlación *Gliricidia sepium* suelo vs Fisicoquímico

La relación entre suelo y los análisis fisicoquímicos realizados en el forraje muestran que fue negativa la relación para pH del forraje (-0,69) es decir, el contenido de pH del suelo afecto el pH del forraje. Se encontró una relación muy positiva de acidez intercambiable para pH del forraje (+0,97) y proteína (+0,97) (Tabla 15), con respecto a carbón orgánico (CO) tuvo una relación negativa para pH (-0,78) y proteína cruda del forraje (-0,41).

Correlación *Gliricidia sepium* suelo vs Van Soest

Gliricidia sepium
suelo vs Van Soest

	ph	AI	CE	CO	CIC	NNP	FDN	FDA	A	B	C
ph	1,00										
AI	-0,50	1,00									
CE	0,00	0,00	1,00								
CO	0,99	-0,60	0,00	1,00							
CIC					1,00						
NNP	-0,98	0,33	0,00	-0,95		1,00					
FDN	-0,79	0,93	0,00	-0,86		0,66	1,00				
FDA	-0,82	0,90	0,00	-0,89		0,70	1,00	1,00			
A	-0,92	0,11	0,00	-0,86		0,98	0,47	0,53	1,00		
B	-0,61	-0,39	0,00	-0,50		0,75	-0,02	0,05	0,87	1,00	
C	0,64	0,34	0,00	0,54		-0,78	-0,03	-0,09	-0,90	-1,00	1,00

Tabla 16. Correlación *Gliricidia sepium* suelo vs Van Soest

La relación entre suelo y los análisis de Van Soest realizados en el forraje muestran que se presento una relación muy negativa entre pH del suelo y NNP (-0,98), FDN (-0,79) y FDA (-0,82), así mismo el carbón orgánico presento una relación muy negativa para NNP (-0,95), FDN (-0,86) y FDA (-0,89) como puede apreciarse en la (tabla 16), y contrariamente la acidez intercambiable (Ai) se relaciono positivamente con NNP (+0,33), FDN (+0,93) y FDA (+0,90).

Correlación *Gliricidia sepium* suelo vs Factores Antinutricionales.

Gliricidia sepium
suelo vs FAN

	ph	AI	CE	CO	CIC	PFT	TPP	THS	TC	ALC
ph	1,00									
AI	-0,50	1,00								
CE	0,00	0,00	1,00							
CO	0,99	-0,60	0,00	1,00						
CIC					1,00					
PFT						1,00				
TPP	-0,80	-0,11	0,00	-0,72			1,00			
THS								1,00		
TC	0,94	-0,76	0,00	0,98			-0,56		1,00	
ALC	1,00	-0,54	0,00	1,00			-0,78		0,96	1,00

Tabla 17. Correlación *Gliricidia sepium* suelo vs Factores Antinutricionales.

La relación entre suelo y los factores antinutricionales realizados en el forraje muestran que se presento una relación positiva entre pH del suelo y TC (+0,94) y ALC (+1,00) y negativa para TPP (-0,80). La acidez intercambiable (Ai) tuvo una relación negativa con TC (-0,76) y ALC (-0,54). También carbón orgánico (CO) tuvo una relación muy positiva con TC (+0,98) y ALC (+1,00) como puede apreciarse en la (tabla 17).

CONCLUSIONES

Por su valor nutricional las especies trabajadas constituyen una alternativa de alimentación complementaria ideal para mantener constante la producción de leche y carne en un hato, especialmente en las épocas críticas de verano, donde se escasea especialmente la cantidad y calidad forrajera.

Considerando todos los análisis químicos realizados, la especie de *Lotus uliginosus* presenta los compuestos nutricionales más altos, con una proteína cruda de (27,29%), además de contener la mayor concentración de polifenoles totales, taninos hidrolizables, taninos que precipitan proteína y taninos condensados, los cuales pueden estar relacionados con la mayor fertilidad del suelo y mejor contenido de materia orgánica presentando altos niveles de carbón orgánico, capacidad de intercambio catiónico y nitrógeno. Además la alta concentración de taninos condensados muestra la especie como benéfica para prevenir el timpanismo, controlar parásitos intestinales y la reducción de metano, además antioxidante, teniendo ventajas económicas y ambientales.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis del tamizaje de metabolitos secundarios analizados en las tres especies evaluadas, no representan efecto nocivo, ni impedimento para que sean utilizadas como alternativas suplementarias para la dieta de los bovinos, mostrando efectos antioxidantes, antiparasitarios, mejoradores del suelo y con reducción de metano.

Con el estudio realizado a estas especies se observa que además del uso en nutrición animal, estas especies muestran otras ventajas de uso como por ejemplo: reducción gases efecto invernadero (*L. uliginosus*), antiparasitarias, repelentes naturales, fungicidas, antioxidantes, lo cual vale la pena seguir investigando estas especies y otras leguminosas con el fin de ofrecer otras alternativas en la producción agropecuaria.

En las tres especies en estudio CE se relaciono negativamente con los alcaloides (ALC), es decir, a mayor salinidad menor contenido de alcaloides y en las dos especies de trópico medio se relaciono CO negativamente con TPP,TC, es decir, a mayor fertilidad del suelo menor contenido de TPP y TC.

El factor pH del suelo es determinante para influir positiva o negativamente sobre la disponibilidad de los nutrientes, el cual está influenciado principalmente por el contenido de MO, CO, que determinan el buen desarrollo de las plantas.

Se comprueba que las fracciones de proteína difieren entre especies arbóreas, además de presentar las especies proteína de paso B3, siendo provechoso para el animal.

Se comprueba la adaptabilidad de estas especies, la tolerancia a la acidez y baja fertilidad de los suelos.

El sistema Cornell es útil para verificar la calidad de proteínas y para determinar valores de suplementación proteica en rumiantes.

Con respecto al suelo de trópico medio donde se muestrearon las especies *Tithonia diversifolia* y *Gliricidia sepium*, se encontraron diferencias en los resultados, debido a que la especie *Tithonia diversifolia* fue muestreada en la orilla de la carretera que colinda con la finca, mostrando resultados menos favorables para la planta como un menor pH del suelo, por lo tanto menor conductividad eléctrica (CE), carbón orgánico (CO), materia orgánica (MO), nitrógeno total (NT) y mostrando una mayor acidez intercambiable (Ai), demostrando la planta de *Tithonia diversifolia* como un forraje promisorio en alimentación animal, debido a su alto nivel nutricional, fácil adaptación y resistencia a las condiciones del suelo y del clima. Además presento taninos que muestran ventajas antioxidantes, antiparasitarias y disminución de metano.

La especie *Gliricidia sepium* se encontró en la finca de muestreo como cerca viva, lo cual es muy benéfico porque además marcar linderos, reduce la intensidad del viento y provee leña. Además presenta alto nivel nutritivo y buen contenido de taninos condensados los cuales están relacionados con prevenir el timpanismo y proteger la proteína dietética de ser degradada en el rumen por bacterias proteolíticas, lo que a su vez determina que haya proteína sobrepasante. Además de presentar ventajas antioxidantes, antiparasitarias y reducción de metano.

Aunque se diferenciaron los análisis químicos entre las especies, se concluye que se encontró para las tres especies de este estudio en común la relación positiva del pH del suelo con Taninos que precipitan proteína (TPP) y alcaloides (ALC), además de tener una relación positiva carbón orgánico (CO) con (FDN). Esto puede estar relacionado con la influencia del pH para la asimilación de nutrientes y el desarrollo de las plantas, su relación positiva con la fracción polifenólica corrobora la afirmación realizada por (Makkar 2003, citado por García, *et al.*, 2008) acerca de que el follaje de las especies arbóreas tropicales los metabolitos fenólicos presentan la mayor importancia antinutricional, siendo los fenoles totales (FT) y los alcaloides los grupos de metabolitos de mayor distribución natural, además que la mayoría de los fenoles presentes en estos forrajes son compuestos tánicos y presentan capacidad para precipitar proteínas. También puede deberse a que los suelos no han tenido labranza, ni fertilización, favoreciendo el contenido de estos compuestos.

También se presentó igualmente en común a las tres especies una relación negativa del pH del suelo con NNP, FDN y FDA. Además de presentar una relación negativa de conductividad eléctrica (CE) con alcaloides (ALC) y también el carbón orgánico (CO) con taninos que precipitan proteína (TPP), lo cual indica que el valor de pH, conductividad eléctrica (CE) y carbón orgánico (CO) afectan el contenido de proteína, fibra, alcaloides y taninos que precipitan proteína.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las investigaciones realizadas en literatura (ver anexo 1), se sugiere al ganadero la asociación de gramíneas con leguminosas como por ejemplo en trópico alto con *Lotus uliginosus*; con el fin de que los bovinos puedan cubrir sus necesidades nutricionales de mantenimiento y producción. Además hay que tener en cuenta que se muestran beneficios para el suelo como la alta fijación biológica de nitrógeno (90 - 300 kg N/ha/año), comparada con leguminosas como alfalfa y el trébol blanco, donde se ha incrementado la calidad del forraje en oferta, siendo superior la proteína ofrecida y con menores contenidos de fibra con las pasturas asociadas.

Se recomienda incluir en la dieta de los bovinos pasturas asociadas con *lotus uliginosus*, ya que se ha demostrado que producen más leche (+18%) y de mejor calidad (más proteína, grasa y caseína). Desde el punto de vista ambiental, la deposición de nitrógeno en orina ha sido mayor en vacas que consumen la pastura de kikuyo fertilizada con urea, mientras que las vacas que pastorean la asociación es menor.

Se recomienda utilizar el botón de oro como abono verde, ya que es considerado fuente orgánica de fósforo de alta calidad, siendo una de las 68 especies más utilizadas para el mejoramiento de suelos y en varios países su uso como abono verde en cultivos es muy común. En Kenia, la aplicación de abono verde de botón de oro ha logrado mayores incrementos en las cosechas de maíz que los fertilizantes inorgánicos y su efecto en el suelo es más durable (Jama, *et al.*, 2006).

Así mismo se recomienda utilizar el matarratón (*Gliricidia sepium*), en el trópico medio y bajo; ya que tiene propiedades de ser útil como cerca viva, en reforestación silvopastoril, mejorador del suelo, fija nitrógeno, proporciona abono verde, sombra y alimento para el ganado.

Para que Colombia sea un país competitivo y pueda exportar carne, leche y subproductos, es fundamental intensificar y apoyar al ganadero los profesionales en Nutrición Animal, en conseguir unas praderas bien establecidas, productivas, nutritivas y persistentes, además de la producción y conservación de forraje para alimentación animal; ya que si tiene una adecuada alimentación del ganado, así mismo el resultado será mayor en rendimiento, producción y reproducción; siendo el productor beneficiado al obtener animales más sanos, alimentados y con buena producción de carne, leche y terneros.

De acuerdo a la literatura consultada se encontró que hay múltiples factores que intervienen en la dinámica y comportamiento productivo de las especies forrajeras, es así como la interrelación de factores que afectan positiva o negativamente los suelos, y por ende pueden perturbar el crecimiento y composición química de las plantas forrajeras. Por lo tanto es importante realizar un análisis químico al suelo, con el fin de establecer su manejo adecuado, que propicie una alta productividad de los forrajes con un elevado valor nutritivo; conservando las condiciones óptimas del suelo, donde se desarrollen las plantas y además que satisfagan las necesidades de los animales y del hombre.

Se recomienda la suplementación de vacunos y rumiantes menores con las especies del presente estudio, ya que de acuerdo a su composición bromatológica y su amplia distribución en los diferentes pisos térmicos Colombianos, sería una buena opción económica y confiable para la alimentación del ganado, asegurando que los ganaderos puedan generar buena rentabilidad para su negocio.

Se recomienda realizar otros estudios con estos forrajes aplicados en el componente animal, con el fin de caracterizarlos bromatológica y nutritivamente en diferentes especies animales. También realizar ensayos en la provisión de diferentes formas como forraje verde, ensilaje, heno, bloque nutricional, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Abad A., 1994. Plegable divulgativo Corpoica No. 03-94. El matarratón.

Acuña, H., 1998. Comparación de variedades de tres especies del genero Lotus (L. corniculatus L., uliginosus Cav. Y L. tenuis Wald et kit.) en suelos de aptitud arroceras. Agricultura Técnica. Chile

Avila, M.; Bustillo, L.; Charris, H.; Mayorga, E., 2011. Determinación de Aluminio intercambiable en el suelo. Corporación Universitaria de la Costa, Barranquilla.

Azcon, J.; Talón, B., 2003. Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGrawHill. Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona España.

Barahona, R; Sánchez, P., 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Corpoica.

Barry, T; McNabb, W., 1998. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *New Zealand*.

Belmar, R.; Nava, M., 2000. Factores antinutricionales en la alimentación de animales monogástricos. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. México. Disponible desde Internet URL: <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/roberto.htm>. Consultado Enero de 2010.

Bernal, J., 2003. Evaluación de los forrajes usando métodos in vitro. Bogotá.

Bernal, J., 2003. Pastos y Forrajes tropicales. Producción y Manejo. Bogotá Colombia.

Bolaños, Martha., 1998. El papel del componente biorgánico en la fertilidad de los suelos. Corpoica Colombia.

Cano, C., 2002. Renovación y Manejo de praderas degradadas del trópico alto. Iza, Chiquinquirá.

Cárdenas, E.; Morales, M.; León, J.; Vargas, J., 2011.Nueva Leguminosa Forrajera para los Sistemas Lecheros de Clima Frío y Zonas Templadas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá.

Cárdenas, R., 2006. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Carmona A, Bolivar V., Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos.

Castro, E.; Mojica, J.; Leon, J.; Pabon, M.; Carulla, J.; Cardenas, E., 2009. Balance de nitrógeno y pastura de gramínea mas *Lotus uliginosus* en la sabana de Bogotá, Colombia. Revista Corpoica

Catie/Cohdefor., El Madreado (*Gliricidia sepium*). Uso y manejo en cercas vivas. Colección materiales de extensión. Proyecto Madeleña-3, CATIE/ROCAP/ renarm/ finnida No. 596-0150. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. p 115-126.

Chamorro, D., 2002. Importancia de la Proteína en la Nutrición de Rumiantes con Énfasis en la Utilización de Proteínas de Especies Arbóreas. Corpoica. Seminario - Taller Internacional sobre Manejo de La Proteína en Producción de Ganado Bovino.

Cidicco. Organización privada financiada por la Fundación Interamericana;INTERCOOPERATION Programa/ONGs en Honduras e HIVOS de Holanda. El Uso del Madriado (*Gliricidia sepium*) Como Sombra.

Ciencia al día. Glosario. Tomado de <http://www.ciencia.cl/CienciaAlDia/volumen2/glosario-i.html>, el día 10 de agosto de 2011.

Colombia Biodiversa, tomado de <http://www.faae.org.co/colombiabiodiversa/index-3.html>, Julio 2011.

Contreras, R., 1998. El Uso del Matarratón (*Gliricidia Sepium*) dentro de la Alimentación de Bovinos de Doble Propósito. Técnicos Asociados a la Investigación del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Táchira (CIAE Táchira).

Corpoica., 2008. Anexo 1. Uso óptimo de insumos y modernas herramientas de costeo.

Correa, H., 2001. Requerimientos energéticos y proteicos durante el periodo de transición. En: Memorias curso de educación continuada: Nutrición y alimentación de la vaca en transición. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, 20 a 22 de junio.

Cuesta, P., Villaneda, V. El análisis de suelos: Toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. Tomado de <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Foros/CAPITULOUno.pdf>. Ene 2012

Estrada, A; 2002. Forrajes para el trópico colombiano. Universidad de Caldas.

Fedegan, tomado de http://portal.fedegan.org.co/portal/page?_pageid=93,1&_dad=portal&_schema=PORTAL, en Julio de 2011.

Fernández, J, Zapata A., Giraldo, L., 1994. Uso de la *Acacia decurrens* como Suplemento Alimenticio para Vacas Lecheras en Clima Frío de Colombia

Forero, E; Romero C., 2005. Estudios en leguminosas Colombianas. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvaro Lleras No. 25. Bogotá Colombia.

Foro Internacional de la Leche., 2012 Fedegan, Bogotá.

García, D; Medina, M; Dominguez, C; Baldizan, A; Humbria, J; Cova, L., 2006. Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado de Trujillo, Venezuela.

García, D; Medina, M; Cova,L; Torres,A; Soca,M; carbón orgánico (CO) **Pizzani,P; Baldizán,A; Domínguez,C., 2008.** Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado de Trujillo, Venezuela.

Giraldo L., 2000. Sistemas Silvopastoriles. Alternativa sostenible para la ganadería colombiana. Proyecto CONISILVO, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 181p.

Gómez, M; Preston T., 1996. Ciclaje de nutrientes en un banco de proteína de matarratón (*Gliricidia sepium*). Fundación CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria), Cali, Valle, Colombia.

Guada, J., 1996. Características del Sistema de Cornell (CNCPS) como modelo de valoración proteica y energética para rumiantes. Universidad de Zaragoza. Madrid España.

Granados, J., 2010. Guía Laboratorio Cuantificación de Nitrógeno No Proteico (NNP) (Fracción A de Van Soest).

Granados, J., 2010. Modulo Laboratorio Animal Sostenible. UNAD.

Icontec, normas para presentación de tesis y trabajos de grado.

Jaramillo, C., 2006. Indicadores físicos de sostenibilidad edáfica. Plegable divulgativo No. 48. Villavicencio, Meta Colombia. Noviembre 2006.

Jaramillo, C., 2006. Desarrollo de indicadores químicos de sostenibilidad edáfica. Plegable divulgativo No. 47. Villavicencio, Meta Colombia. Octubre 2006.

Martínez, E.; Fuentes, J.; Acevedo, E., 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. Santiago de Chile.

Martínez, I.; Periago, M.; Ros, G., 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Murcia, España.

Molina, E., 1998. Acidez de suelo y encalado. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica.

Muzquiz, M.; Pedrosa, M.; Valera, E.; Guillamón, E.; Goyoaga, C.; Cuadrado, C.; Burbano, C., 2006. Factores no-nutritivos en fuentes proteicas de origen vegetal. Su implicación en nutrición y salud. Madrid, España.

Navas, A.; Restrepo, C., 2003. Frutos de leguminosas arbóreas, una alternativa nutricional para ganaderías en el trópico. Medellín Antioquia.

Olivares, J, Jiménez, R; Rojas, S; Martínez P.,2005. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET - ISSN 1695-7504 <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> Vol. VI, N° 5, Mayo 2005 – Mexico.

Parrotta, J., 1992. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Obtenido de <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Gliricidiasepium.pdf>, el día 10 de noviembre de 2009.

Posada, S; Montoya, G; Ceballos, A., 2006. Caracterización de los taninos en la nutrición de rumiantes. Medellín, Antioquia.

Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias Vol. 20:1., 2007.Efecto de la combinación de una leguminosa tanífera (*Lotus uliginosus cv Maku*) con *Pennisetum clandestinum*, sobre la degradación in vitro de proteínas y materia seca. Bogotá Colombia.

Revista de Investigación.,2010:31-35 Agraria y Ambiental. Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en dos especies de plantas forrajeras encontradas en dos pisos térmicos de Colombia.

Revista Electrónica de Veterinaria REDVED. Vol VI., Mayo 2005. Uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal en el trópico.

Ricco, R., Vai, V., Sena G., Wagner., A., 2002. Taninos condensados de *Ephedraochreata Miers* (Ephedraceae). Buenos Aires. Argentina.

Riaño, A.; Conde, A.; Sierra, C.,2006. Productividad en la ganadería de carne. Convenio Sena Sac Fedefondos. Bogotá.

Ríos, C., 1997. Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2da edición. Colciencias-CIPAV. Cali, Colombia. P. 115.

Ruiz, G. Periódico Universidad Nacional de Colombia. Sistemas Silvopastoriles mejoran calidad de carne en el país. Tomado de <http://www.bing.com/images/search?q=SISTEMAS+SILVOPASTORILES&view=detail&id=445156678486D8ED9397D71E3CA24BD40077D08D&first=1&FORM=IDFRIR>, el día 14 de Febrero de 2011.

Salisbury, F; Ross, C., 1996.Fisiología Vegetal. Editorial grupo editorial Iberoamérica. México

Saravia, M. Metodología de la Investigación Científica. Tomado de <http://www.cienciaytecnologia.gob.bo/convocatorias/publicaciones/Metodologia.pdf>, el día 25 de mayo de 2011.

Segura, F.; Echeverri, R.; Patiño, A.; Mejía A., 2007.Descripción y Discusión acerca de los Métodos de Análisis de Fibra y del Valor Nutricional de Forrajes y Alimentos para Animales. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. págs. 72-81

Tamayo, T., 2003. Mario. El Proceso de la Investigación Científica, Cuarta Edición. Balderas México: Limusa S.A.

Trujillo, N., 2008. Viveros. Unad.

Van Soest, P., 1982.Evaluación de forrajes y calidad de los alimentos para rumiantes.

ANEXOS

Anexo 1. Bibliografía consultada para cada una de las especies investigadas.

Artículo	Autores (año)	Variables										
Balance de nitrógeno en pastura de gramíneas y pastura de gramínea más <i>Lotus uliginosus</i> en la sabana de Bogotá, Colombia.	Castro, E., Mojica, J., León, J, Pabón, M, Carulla, J, Cárdenas, E. 2009.	<p>En este artículo se realizó el uso de pasturas de gramíneas y pasturas en asociación con <i>Lotus uliginosus</i>, donde se observaron resultados con mejor calidad y cantidad de leche, además del contenido de proteína y caseína. Además de disminuirse la emisión de nitrógeno en orina. Es así como también se mostraron con mejor eficiencia en el uso del nitrógeno que los animales que pastorearon praderas de gramíneas mixtas fertilizadas con nitrógeno. El análisis químico de <i>Lotus uliginosus</i> fue:</p> <table><tr><th>Composición</th><th>L. uliginosus</th></tr><tr><td>PC%</td><td>28,2</td></tr><tr><td>FDN%</td><td>38,7</td></tr><tr><td>FDA%</td><td>23,9</td></tr><tr><td>DMS%</td><td>68,9</td></tr></table> <p>Se concluyo que <i>L. uliginosus</i> puede ser empleada en los sistemas de producción de lechería como factor mejorante de la dieta, de la producción y de la eficiencia de uso del nitrógeno.</p>	Composición	L. uliginosus	PC%	28,2	FDN%	38,7	FDA%	23,9	DMS%	68,9
Composición	L. uliginosus											
PC%	28,2											
FDN%	38,7											
FDA%	23,9											
DMS%	68,9											
Determinación de la degradabilidad ruminal de materia seca, proteína cruda y extracto etéreo de una leguminosa tanífera (<i>Lotus uliginosus</i> cv Maku)	Echeverri,J., Zuluaga,J., Barahona, R., Rosales,E., Parra, S.	<p>En este artículo, se determino la degradabilidad ruminal de materia seca, proteína cruda y extracto etéreo de <i>Lotus uliginosus</i>, donde dio como resultado: Digestibilidad ruminal (DR): 51,83% Proteína cruda: 47,46% (DR) EE: 45,06% y 44,14%. (DR) Siendo apropiada para alimentación bovina del trópico alto.</p>										
Potencial forrajero del género Lotus para el trópico de altura andino en Colombia	Cárdenas,E., Rocha, M.	<p>Según investigaciones se ha visto que <i>L. corniculatus</i>, tiene un buen rendimiento de biomasa pura 12.000 kg MS/ha/año o en asociación 30.000 kg MS/ha/año., con alta calidad nutricional como proteína cruda 34,9% y digestibilidad entre 68 a 74%. Además de poseer taninos condensados, que previenen el timpanismo y mejora la eficiencia en la utilización de la proteína del forraje, incrementando la producción y calidad de la leche, además del positivo efecto antihelmíntico en ovinos y caprinos. Asociada con gramíneas permite aumentar la producción de forraje.</p>										
Más leche y menos contaminación con un vegetal único	Bogotá D.C., oct. 14 de 2010 - Agencia de Noticias UN–	<p>El Lotus es una pequeña planta, con lento crecimiento pero con grandes propiedades como: disminuir la eliminación de nitrógeno</p>										

		<p>por la orina y la posterior generación de N₂O (óxido nitroso); asimismo, reduce la emisión de CH₄ (metano), uno de los mayores gases de efecto invernadero. Es resistente a heladas, retiene muy bien la humedad del suelo, soporta el estrés por las pisadas del ganado y se dispersa de manera adecuada una vez se establece en el terreno.</p> <p>Además de presentar taninos que son los responsables de una mayor producción y calidad de la leche.</p>
Lotus, alimento bovino contra calentamiento global	<p>Periódico Universidad Nacional Patño, C., Unimedios, 2010.</p>	<p>La semilla de Lotus en terreno demora entre ocho y nueve meses para propagarse, y por material vegetal trasplantable, entre cuatro y seis, dependiendo de la fertilidad y humedad del suelo.</p> <p>Es un vegetal que al ser ingerido por el ganado disminuye contundentemente la eliminación de nitrógeno por la orina y la posterior generación de N₂O (óxido nitroso); asimismo, reduce la emisión de CH₄ (metano). Cárdenas afirma que esto sucede porque la proteína de la dieta, en vez de degradarse (como ocurre con otras dietas), es absorbida por el intestino del animal. A la vez se reduce la metanogénesis, esto es, la formación de metano por intervención de microbios intestinales.</p>
Implicaciones ambientales de la producción bovina	<p>Cárdenas, E., Rocha, M. Bogotá, 2009.</p>	<p>Las emisiones de CH₄ y N₂O se han incrementado en cerca del 17% desde 1990 al 2005. La principal fuente de emisión de CO₂ es la quema de combustibles fósiles, la agricultura contribuye con el 40% y el 90% de las emisiones globales de CH₄ y N₂O, respectivamente. De las emisiones de la agricultura, el pastoreo contribuye con el 20% del CH₄ y entre el 16 y 33% de las emisiones de N₂O.</p> <p>La Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, desde hace más de 10 años, viene trabajando en la selección de especies forrajeras para fomentar un sistema de lechería especializada sostenible para clima frío. Frente al kikuyo fertilizado con urea a razón de 100 kg/ha/pastoreo, ha obtenido pasturas con 280% de incremento en biomasa, resistentes al chinche, a heladas y a época seca; al igual que leguminosas adaptadas, como el trébol pata de pájaro (<i>Lotus uliginosus</i>), con el que se ha obtenido alta fijación biológica de nitrógeno (90 - 300 kg N/ha/año).</p>
Lotus: Nueva Leguminosa Forrajera para los Sistemas Lecheros de Clima Frío y Zonas	<p>Castro y Cárdenas, 2005.</p>	<p>Se reporto la calidad nutricional de <i>L. uliginosus</i> cosechado con 6 semanas de rebrote., con los resultados: PC% 28,1</p>

Templadas.		FDN% 29,4 FDA% 19,8 DIVMS% 72,3
Evaluación de una alternativa de manejo de pasturas para reducir la aplicación de fertilizantes nitrogenados en sistemas ganaderos de clima frío en Colombia	Cárdenas, E., Rocha, M., Panizo, L.	Se realizó una investigación donde se comparó el balance del nitrógeno en pasturas puras de gramíneas comúnmente empleadas en la región fertilizadas con urea frente 10 gramíneas pratenses asociadas con la leguminosa trébol pata de pájaro (<i>Lotus corniculatus</i>). Las características fisicoquímicas lote Centro Agropecuario Marengo (CAM) Textura: franco arcilloso pH 4,9 MO% 6,9 N% 0,4 CIC 26,3 (meq/100g suelo)
<i>Tithonia diversifolia</i>		
Valor Nutricional del Follaje de Botón de Oro <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray, en la Producción Animal en el Trópico	Mahecha, L; Rosales, M.,2005.	En los análisis se reporta un promedio de: Materia seca 17,9% Proteína cruda 22,6% Extracto etéreo 2,25% Proteína soluble 40,2% FDN 35,3% FDA 30,4% Se concluyó que el follaje de <i>Tithonia diversifolia</i> presenta variaciones en su calidad nutritiva dependiendo del estado vegetativo en que se encuentre. En los estados de crecimiento avanzado (30 días) y prefoliación (50 días), se encontraron los valores más altos de proteína.
Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico	Ríos,C., Salazar,A., 1995	Se analizaron tres densidades evaluadas en este ensayo: (D1 0.5 m x 0.75 m /D2 0.75 m x 0.75m /D3 1.0 m x 0.75 m), las cuales se mostraron como adecuadas para esta especie, debido a que no generan una competencia marcada entre las plantas.
El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña.	Calle, Z., Murgueitio E.,2008.	No es del todo claro si esta capacidad para restaurar suelos degradados se debe a la asociación con hongos formadores de micorrizas que capturan fósforo o a la presencia de ácidos orgánicos en las raíces que permiten una asimilación muy eficiente de este elemento. Por esta misma razón, a escala global, el botón de oro es una de las 68 especies más utilizadas para el mejoramiento de suelos y en varios países su uso como abono verde en cultivos es muy común.
El Botón de oro: Un caso innovador sobre cómo propagarlo	Galindo, A., Romero, O., Murgueitio, E., Calle, Z., Carta Fedegan No. 126	Las semillas que se habían desprendido de las flores y habían caído sobre el material húmedo y rico en materia orgánica, germinaron en grandes cantidades. En poco tiempo obtuvo gran cantidad de plántulas

		vigorosas y con abundantes raíces a partir de semillas, algo que no es posible lograr con las estacas.
Buenas Prácticas agropecuarias (BPA) en la producción de ganado de doble propósito bajo confinamiento con caña panelera como parte de la dieta.	[PDF] gramíneas de corte ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1564s/a1564s04.pdf	Se reportan los siguientes resultados para botón de oro: Proteína 15 a 28% Calcio 2,2% Fósforo 0,4% Degradación ruminal 48 h 90% Proteína sobrepasante No Metabolitos secundarios Sesquiterpenos
<i>Tithonia diversifolia</i> (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú)	<i>Mahecha, L., Escobar, J., Suárez, F., Restrepo, L., 2007.</i>	Se reportan los siguientes resultados: Calcio% en MS 0,80 Fósforo %MS 0,40 FDN% en MS 37,57 PB% en MS 16,73 Humedad% 81,19 Se concluyo que el uso de <i>Tithonia diversifolia</i> como reemplazo parcial del alimento concentrado en vacas Holstein x Cebú, no alteró ni la producción ni la composición de la leche, al ser utilizado hasta un 35% de reemplazo. Esta investigación confirma a la <i>Tithonia diversifolia</i> como una especie promisoría en la alimentación de rumiantes y por lo tanto factible de ser utilizada como una opción estratégica para los sistemas de producción bovina.
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Artículo No.14.http://www.fao.org/aq/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios14.htm	<i>Ríos, C., 1998</i>	Se obtuvieron resultados en prefloración (50 días) %MS 17,22 %PC 27,48 %FC 2,5 %EE 2,27 %Cz 15,05 %ENN 52,7 %NTD 46,8 Minerales %Ca 2,14 %P 0,35 %Mg 0,05 Siendo apta para la alimentación animal.
Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de <i>Tithonia diversifolia</i> en la etapa inicial de crecimiento	<i>Medina, M., García, D., González, M., Cova, L., Moratinos, P.</i>	Según la composición bromatológica de la biomasa a 40 cm de longitud. %PC 23,38; %PS 10,06; %FDN 34,38; %FDA 27,74; %P 0,36 En <i>T. diversifolia</i> la cantidad de ramas, el prendimiento, la sobrevivencia, la afectación por plagas y enfermedades, el perfil fitoquímico y la degradabilidad ruminal no presentaron diferencias significativas con respecto a la longitud, el diámetro y la cantidad de yemas de la estaca.
Efecto de la harina de follaje de <i>Tithonia</i>	<i>Savón, L., Mora, L., Dihigo, L., Rodríguez, V.,</i>	Según Mahecha y Rosales (1999) un adecuado valor nutricional (17,9 a 24% de

<i>diversifolia</i> en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba	Rodríguez, Y., Scull, I., Hernández, Y., Ruiz, T. Cuba, 2008.	materia seca, 19 a 28,7% de proteína bruta, 35,3% de fibra detergente neutro, 30,4% de fibra detergente ácido y 16,50 MJ/kg de MS). Sin embargo, en la literatura se informan sólo unos pocos trabajos donde se evalúa su posibilidad de utilización en especies monogástricas y se refieren sólo a aspectos de comportamiento productivos (Mahecha y Rosales, 1999).
Efecto de <i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray (Botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones in vitro	Galindo, J., González, N., Sosa, A., Ruiz, T., Torres, V., Aldana, A., Díaz, H., Moreira, O., Sarduy, L., Noda, A. Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 1, 2011.	La muestra de <i>Tithonia diversifolia</i> de la investigación tuvo una edad de 30 días y su composición química (%de MS) se determinó según AOAC (1995) y fue de 23,95 %PB 33,43 %FDN 29,54 %FDA El análisis fitoquímico de <i>Tithonia diversifolia</i> mostró la presencia de los siguientes metabolitos secundarios: taninos, ++; flavonoides, ++; saponinas, + y triterpenos, +. Se concluyó que <i>Tithonia diversifolia</i> reduce la población de protozoos y los metanógenos ruminales en condiciones in vitro.
Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (<i>Tithonia diversifolia</i>) en conejos de engorde.	Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F., Ly, J. La Habana, Cuba, 2011.	Reportan la composición química follaje de árnica: MS 88,55% MO 85,55% FDN 32,94% FDA 10,33% HEM 22,61% PB 18,52% El follaje de árnica presenta un contenido elevado de nutrientes digestibles para conejos en crecimiento y constituye un recurso alimenticio alternativo utilizable en la alimentación de esta especie en condiciones tropicales.
<i>Gliricidia sepium</i>		
Bromatología del matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>) a diferentes edades de corte en Urachiche, estado Yaracuy, Venezuela	Araque, C., Tonny, R., D'Aubeterre, Páez, L., Sánchez, A., Espinoza, F.	Composición bromatológica <i>Gliricidia sepium</i> a los 3 meses %MS 8,75 %PC 28,31 %Cz 8,88 La edad de corte de tres y seis meses presentó el mayor contenido de proteína cruda y cenizas, los cuales van disminuyendo con el tiempo, mientras que los valores de materia seca y grasa se incrementan con la madurez de la misma.
Recursos arbóreos	Arcos, J., 1998	Contenido de nutrientes de <i>G. sepium</i> : %MS 19,6 %PB 21,2 %Cz 8,2 %FB 28,8 %EE 5,1

		%ELN 36,8 %DIVMS 57,29 Siendo aptos para alimentación animal.
Establecimiento de cercas vivas de matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)	<i>Roncallo, B.2007.</i>	La primera poda para utilizarla como fuente de forraje es recomendable al año de establecido. Una vez establecida la cerca viva, se deben realizar cortes de uniformización en épocas de lluvias (meses de septiembre y octubre) con el propósito de disponer de un material forrajero de alta calidad en los meses de febrero y marzo.
El matarratón	<i>Arango, G. Plegable divulgativo No. 03-94. Corpoica</i>	El matarratón es fuente de proteína sobrepasante, debido al efecto protector de los compuestos fenólicos (taninos) y posee altos contenidos de proteína bruta por kilogramo de materia seca (15 a 30%) y de calcio, que son altamente degradables en el rumen, posee además la mayoría de aminoácidos y vitaminas esenciales. En bovinos adultos como suplemento, se suministra combinado con gramíneas forrajeras, hasta un 30% de la leguminosa, en bovinos jóvenes deba bajarse a menos del 20% para evitar problemas tóxicos. En monogástricos (equinos, porcinos) esta planta es tóxica y si se va a utilizar como forraje debe darse a niveles inferiores al 15%.
Producción y utilización estratégica de forraje de cercas vivas de matarratón <i>Gliricidia sepium</i>. Como suplemento para bovinos de levante	<i>Arcos, J.; Chamorro, D. 2002.</i>	En el fraccionamiento de la proteína, el matarratón presenta una proteína digestible del 69,48% y esta conformada por las fracciones solubles y degradables ($a+b_1=29,04\%$; $b_2=34,85\%$) con niveles del 5,59% de proteína sobrepasante (Chamorro et al. 2002). Estas características unidas al aporte de minerales mejoran el ambiente ruminal con la disponibilidad potencial del nitrógeno en el rumen y en el tracto posterior, el suministro del 30% de forraje de matarratón optimiza el balance de nitrógeno e incrementa el consumo y la degradación de materia orgánica en el rumen, lo cual incide directamente con los incrementos de peso.
Mejoramiento nutricional en bovinos mediante la introducción de forrajes de cosecha y leguminosas de pastoreo.	<i>Barbosa, P. Corpoica-Pronatta, 1999.</i>	El follaje de <i>G. sepium</i> presentó un nivel promedio de PC de 23,5% a 25% y una DISMS de 77%. La suplementación con 5 kg/animal, mejoró la producción diaria de leche de 5,97 kg/vaca a 6,40 kg/vaca. Ninguno de los parámetros sanguíneos evaluados, se mostró afectado por el tipo de alimentación. A pesar de la suplementación, los niveles de BUN fueron claramente inferiores al rango óptimo para vacas en producción, lo cual sugiere, que la cantidad de follaje suministrado no fue suficiente para optimizar la relación energía: proteína a nivel

		ruminal.
Establecimiento de sistemas silvopastoriles para el manejo intensivo y sostenible de la ganadería bovina en el Guaviare.	<i>Sanchez, V, 1999</i>	La especie <i>G. sepium</i> , obtuvo un porcentaje de prendimiento de 75% en el banco de proteína, contribuyendo a hacer sostenible el sistema de producción ganadero, evitando procesos de degradación del suelo, incrementando la productividad del sistema.
Establecimiento manejo y producción del asocio matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>), frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) y maíz (<i>Zea mays</i>) durante el primer año.	<i>Blandón, L.; Gallego, R.; Moreno, G., 1995.</i>	Se encontró que el rendimiento de frijol fue mayor en callejones de matarratón que en monocultivo, los promedios mas altos se obtuvieron cuando se sembró maíz en los callejones de matarratón y cuando se utilizó la labranza mínima.
Análisis económico de la suplementación con tres niveles de heno de matarratón en ovejos colombianos de pelo.	<i>Segura, F., 1995.</i>	El heno de matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>), es un forraje utilizado desde hace muchos años por los ganaderos en el país y que ha merecido la atención de investigadores tanto nacionales como internacionales, siendo actualmente considerado como una fuente óptima de proteína en las explotaciones pecuarias. Con niveles de suplementación de 6 kg de heno de matarratón con reducción de costos e incremento en beneficio neto.
El matarratón como suplemento proteico en dietas de king grass a terneros destetos	<i>Torregroza, L., 1993.</i>	se concluyó que el Matarratón es un excelente suplemento proteico para forrajes toscos como el King grass y al parecer su nivel óptimo aproximado está entre 25-30% de la dieta. Segun Bagglo (1982) el Matarratón es nativo de Centro America, Mora (1983) reporta valores desde 18,8 hasta 27,6% de proteína en las hojas y de 14,1 hasta 21,0% en los tallos tiernos. Por otra parte, el pasto king grass ofrece abundante producción de forraje pero su calidad proteica es deficiente, lo cual puede ser parcialmente solucionado empleando el Matarratón como suplemento
Recomendaciones para la siembra y el manejo del cultivo del matarratón	<i>Torregroza, L.,</i>	Es aconsejable una buena preparación del terreno, al igual que un cultivo comercial, es decir, una arada y dos o tres rastrilladas permitiendo con esto una buena cama para la semilla, además de la destrucción de malezas y su incorporación como abono verde.

Anexo 2. Comparativo de las variables evaluadas en forraje las tres especies investigadas con la literatura encontrada

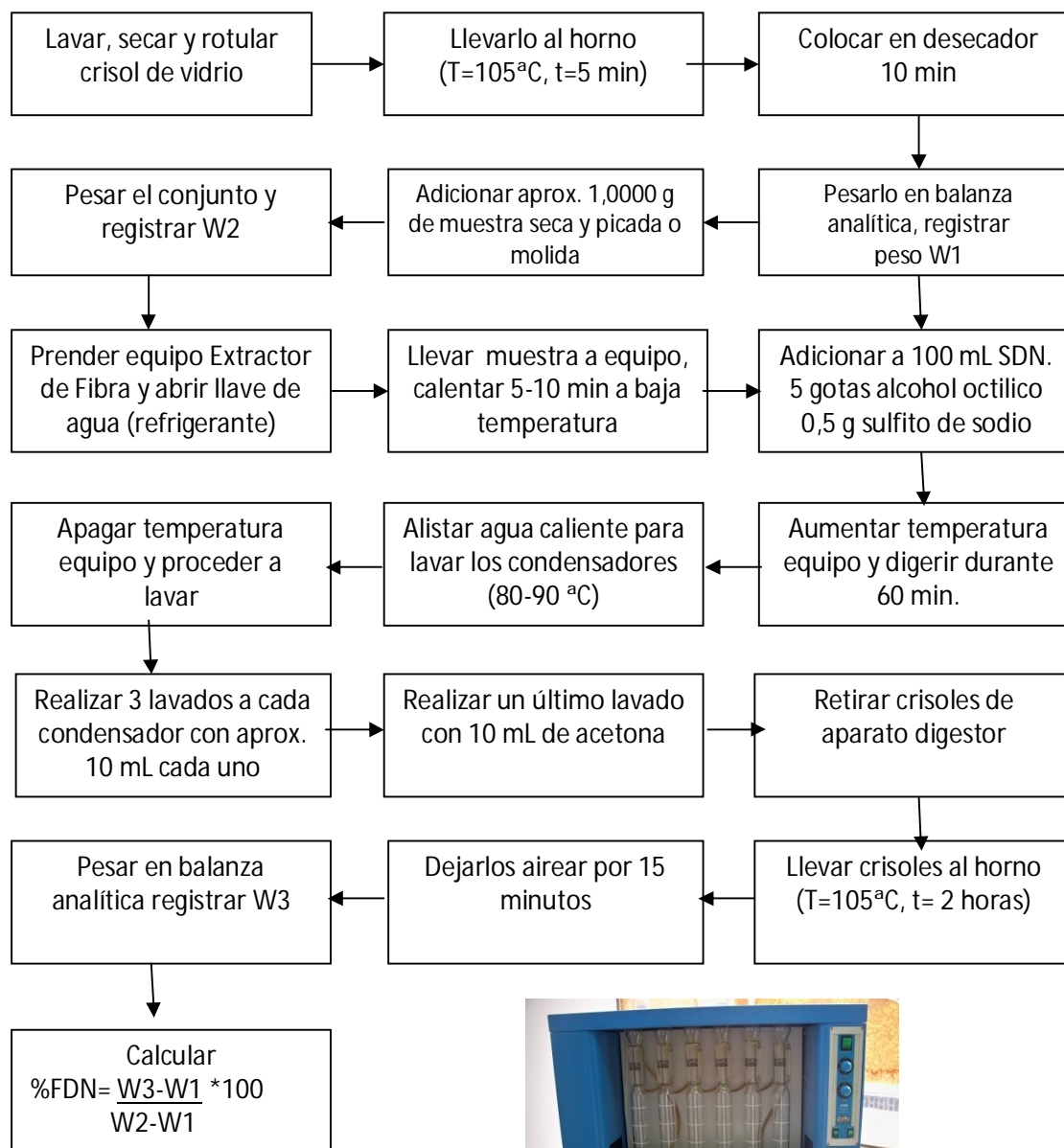
Variable	<i>Lotus uliginosus</i>				<i>Tithonia diversifolia</i>				<i>Gliricidia sepium</i>			
	Autora 2009	Cárdenas, et al. 2011	Rev Corpoic 2009	Rev. Col Cien Pecu 2007	Autora 2009	Rosales, 1992, 1996	Navarro, et al. 1990 89 días	García, et al. 2008	Autora 2009	Vadiveloo, et al 1992 *(Rosales, 1996)	Laredo, et al. 1990	García, et al. 2008
pH	6,10				6,81				6,25			
%NS	0,92				0,82				0,92			
%PC	27,29	28,1	28,2	34,8	25,83	24,26	14,84	25,62	25,98	14,7 *	24,9	27,45
%NNP	1,33				1,25				1,13			
%PNNP	8,32				7,81				7,07			
%CNE	23,39				18,41				20,70			
%PS	11,14				10,24				11,44			
%FR	3,38				8,66				16,54			
%FDN	26,78	29,4	38,7	24,8	27,07	23		38,41	37,23	39,1		39,39
%FDA	24,50	19,8	23,9	22,1	19,50	30,4			35,77	24,2	27,6	
%HC	2,27				7,58				1,47			
%A	30,46				30,24				27,19			
%B	40,86				39,63				44,05			
%C	28,68				30,13				28,76			
%PFT	0,13			9,3	0,02	0,04**			0,03	0,05**		
%THS	0,40				0,04				0,07			
TC(g/Kg)	45,0	20-40		50	13,50	0.310%**			13,93	0.310%**		
%TPP	0,89				0,75				0,88			
%Alc	0,02				0,02				0,03			
Sap	-				-				-			
Fenoles	+				+				+			

Fuente: Autora (2009)- **Revista de Inv. Agraria, 2010. Análisis de muestras de Codazzi.

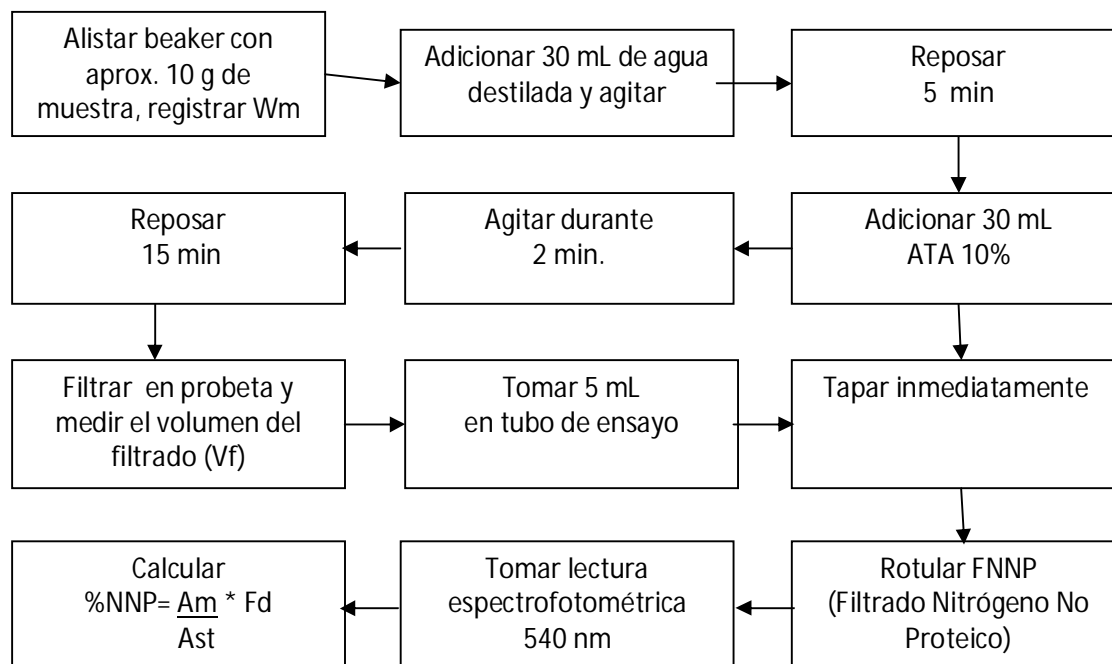
(pH)=pH, (NS)=Nitrógeno soluble, (PC)=Proteína cruda, (NNP)=Nitrógeno No Proteico, (PNNP)=Proteína del Nitrógeno No Proteico, (CNE)=Carbohidratos No Estructurales, (PS)=Proteína Soluble, (FR)=Fibra Residual, (FDN)= Fibra Detergente Neutra, (FDA)= Fibra Detergente Ácida, (HC)=Hemicelulosa, (A)=Fracción A, (B)=Fracción B, (C)=Fracción C, (PFT)=Polifenoles Totales, (THS)=Taninos Hidrolizables, (TC)=Taninos condensados, (TPP)=Taninos que precipitan proteína (Alc)=Alcaloides, (Sap)=Saponinas, (Fenoles)=Fenoles. Ninguna reacción (-), Ligera reacción (+), Reacción fuerte (++) , Reacción muy fuerte (+++)Especies: Luta: *Lotus uliginosus* trópico alto; Tdtm: *Tithonia divesifolia* trópico medio; Gstm: *Gliricidia sepium* trópico medio.

Valores entre filas con distinta letra indican diferencia estadística (P<0,05) para la prueba de rangos múltiples de Duncan.

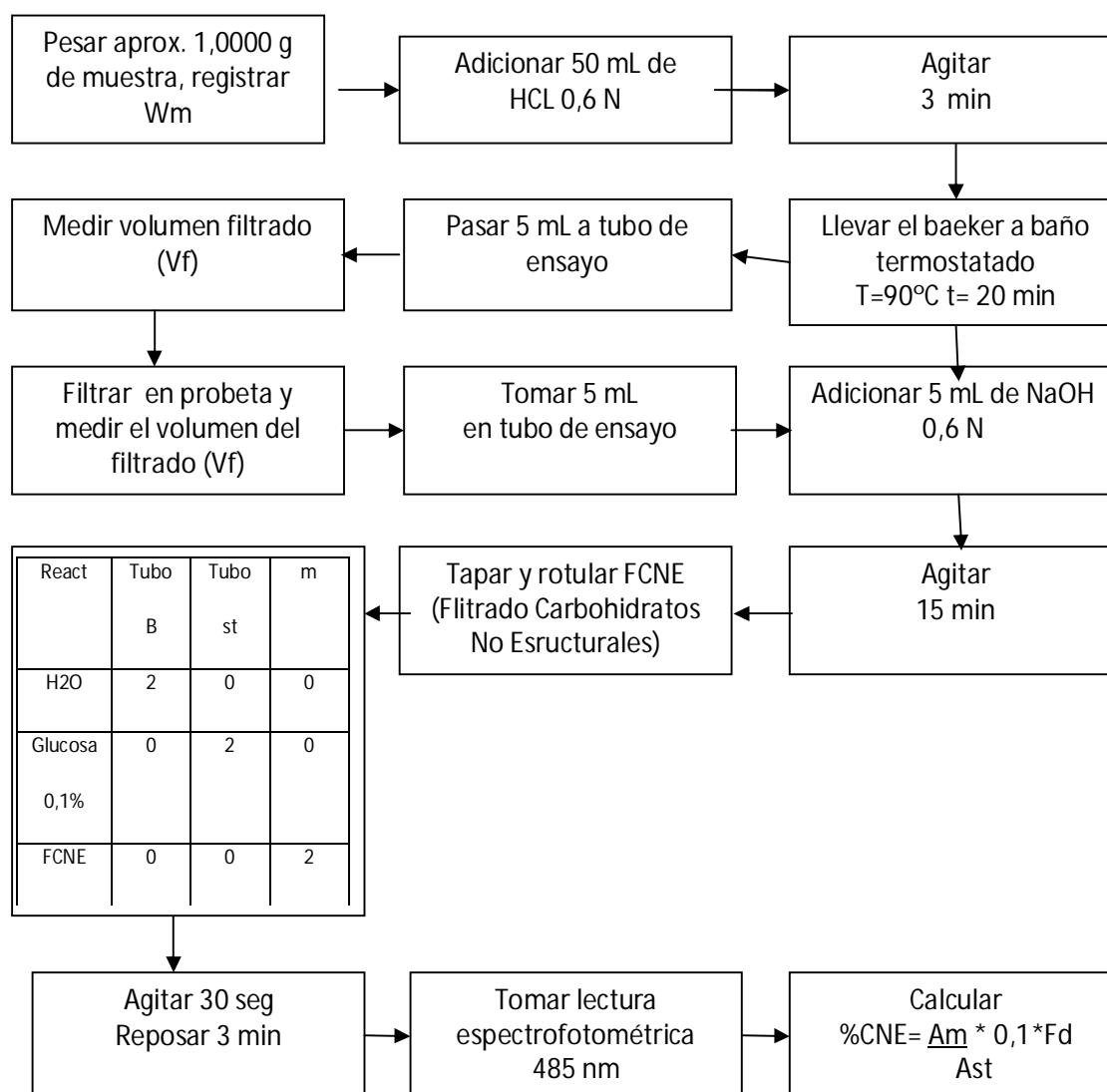
Anexo 3. PROCEDIMIENTOS EFECTUADOS PARA DETERMINAR FIBRA DETERGENTE NEUTRA (FDN)



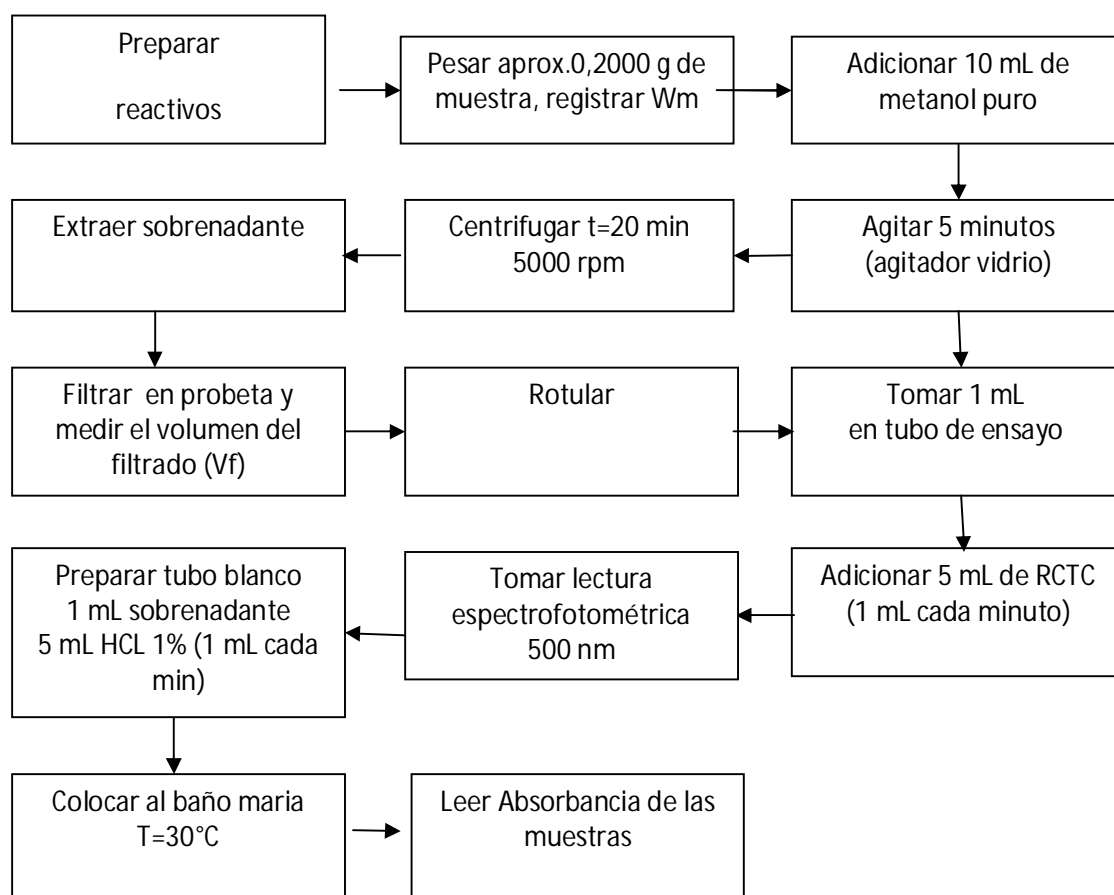
Anexo 4. PROCEDIMIENTOS EFECTUADOS PARA DETERMINAR NITROGENO NO PROTEICO (NNP)



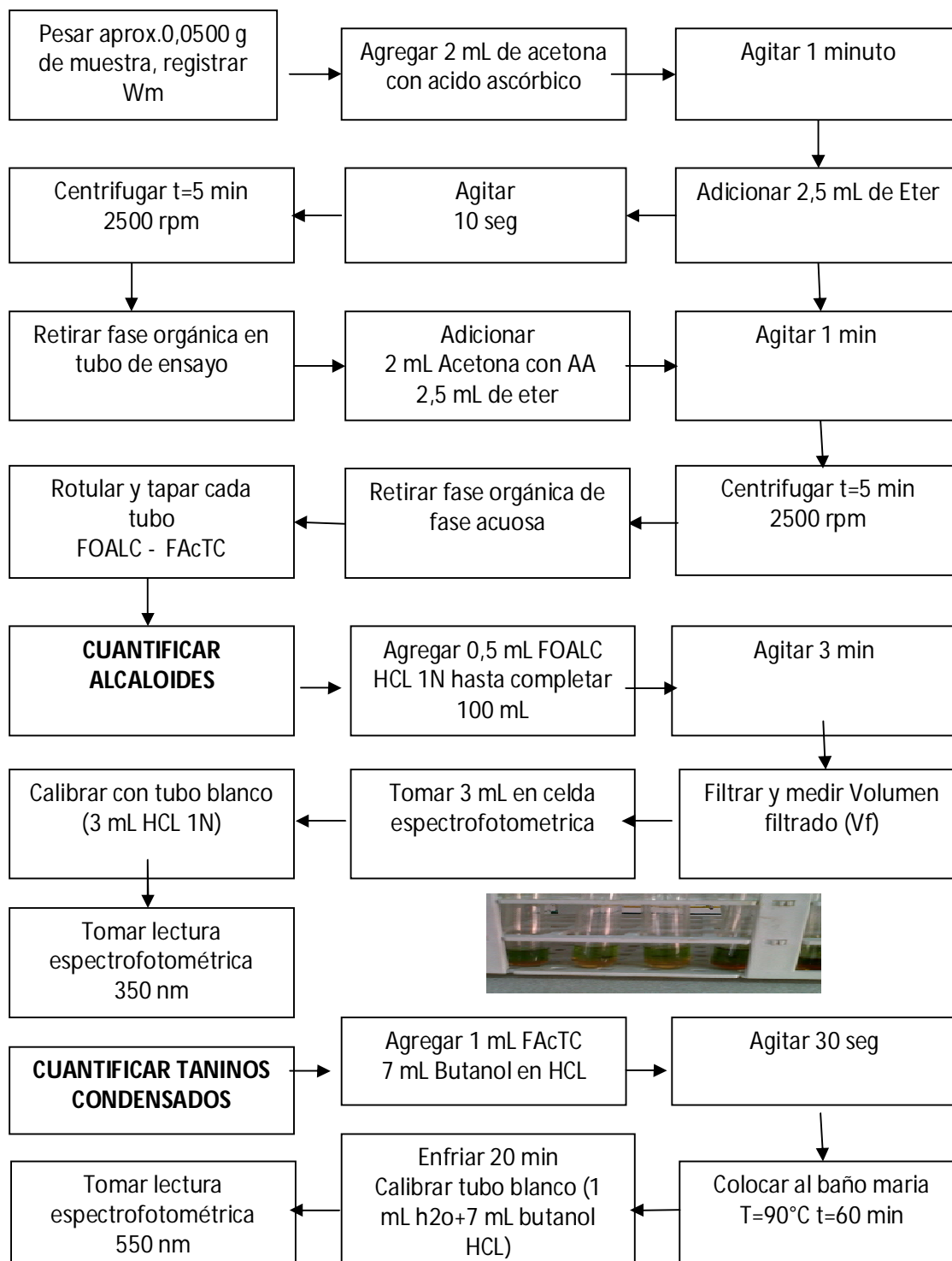
Anexo 5. PROCEDIMIENTOS EFECTUADOS PARA DETERMINAR CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES (CNE)



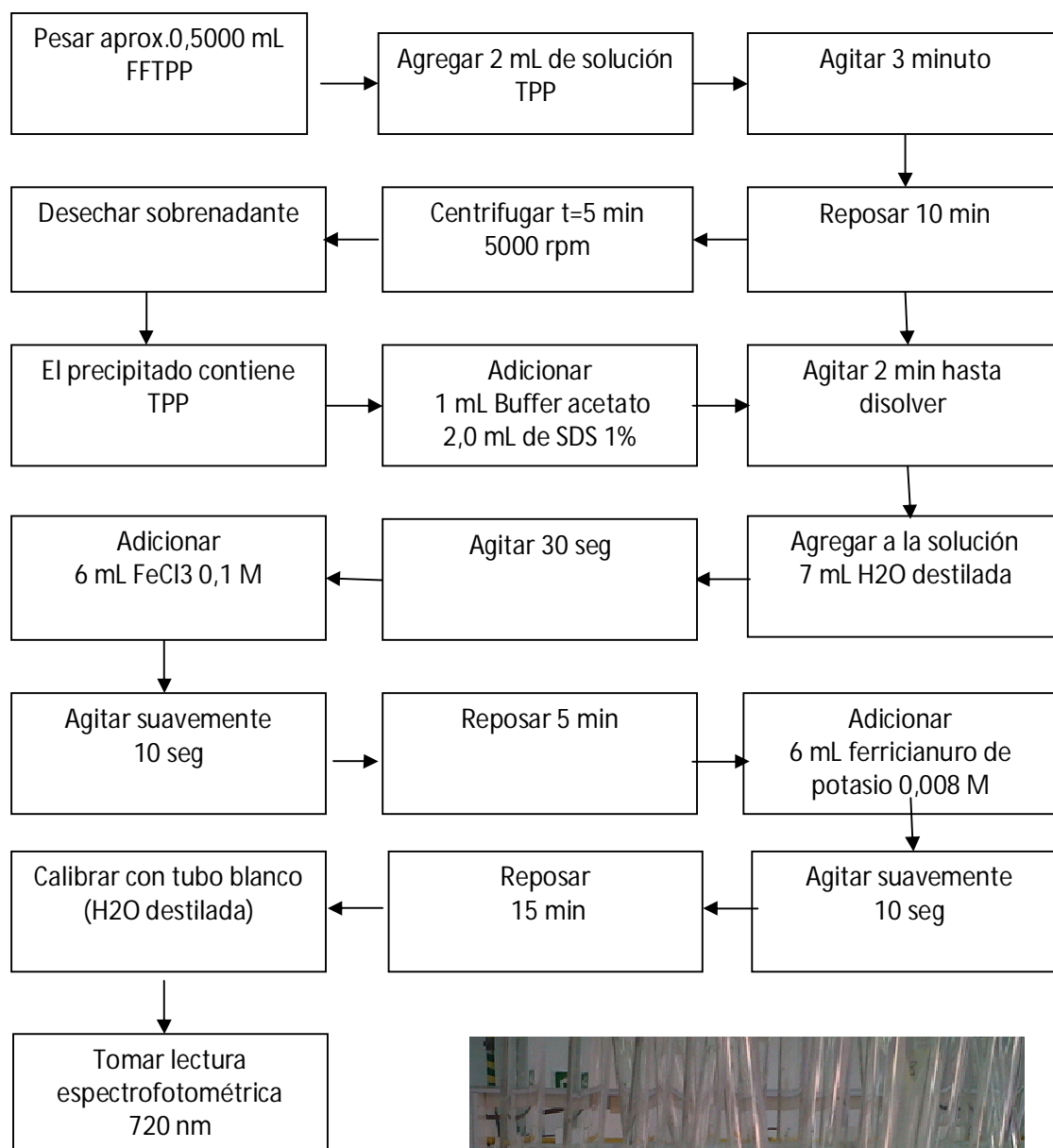
ANEXO 6. PROCEDIMIENTOS EFECTUADOS PARA DETERMINAR TANINOS CONDENSADOS (TC) – METODO VAINILLIN



Anexo 7. PROCEDIMIENTOS EFECTUADOS PARA DETERMINAR TANINOS CONDENSADOS Y ALCALOIDES



Anexo 8. PROCEDIMIENTOS EFECTUADOS PARA DETERMINAR TANINOS QUE PRECIPITAN PROTEINA (TPP)



Anexo 9. Interpretación análisis de suelo

CATEGORIAS			
------------	--	--	--

Macroelementos

Unidades: Cmol ⁺/kg

	BAJO	MEDIO	ALTO
Ca	Menor de 3	3 - 6	Mayor de 6
Mg	Menor de 1.5	1.5 - 2.5	Mayor de 2.5
K	Menor de 0.2	0.2 - 0.4	Mayor de 0.40

Fósforo y elementos menores

Unidades: mg/kg

P	Menor de 20	20 – 40	Mayor de 40
B	Menor de 0.2	0.2 – 0.4	Mayor de 0.4
Fe	Menor de 25	25 – 50	Mayor de 50
Cu	Menor de 2	2. – 3	Mayor de 3
Mn	Menor de 5	5 – 10	Mayor de 10
Zn	Menor de 1.5	1.5 – 3	Mayor de 3
S	Menor de 10	10 - 20	Mayor de 20

Materia orgánica según el clima (%)

FRIO	Menor de 5	5 – 10	Mayor de 10
MEDIO	Menor de 3	3 - 5	Mayor de 5
CALIDO	Menor de 2	2 - 3	Mayor de 3

pH

Valor	Categoría
Menor de 5,5	Extremadamente ácido
5,5 - 5,9	Moderadamente ácido
6,0 - 6,5	Adecuado
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 8	Alcalino
Mayor de 8	Muy alcalino

Conductividad eléctrica (Grado de salinidad) dS/m*

No salino	Ligera salinidad	Moderado	Fuerte	Muy fuerte
0-2	3-4	4-8	8-15	Mayor de 15

*Decisiemenes/metro

Fuente: Corpoica, Cuesta, et al.